

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukce vystřelovacího mechanismu pro
crashtest světlometu

Design of Shooting Mechanism for
Headlight Crashtest

Student: Bc. Milan Majer

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Milan Majer**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Konstrukce vystřelovacího mechanismu pro crashtest světlometu**
Design of Shooting Mechanism for Headlingh Crashtest
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Za účelem modernizace stávajícího testovacího stroje na crashtest světlometu (umístěném v laboratoři katedry 340), proveďte nový konstrukční návrh vystřelovací části. Cílem návrhu je snížit mechanické ztráty mechanismu a navrhnout polohovatelné tlumení vystřeleného impaktoru po dopadu na světlomet. Rozsah tlumené oblasti bude do 200mm od mezní doletové vzdálenosti impaktoru. Zachovejte stávající funkční parametry stroje. Zpracujte variantní řešení a pro vybranou variantu vytvořte kompletní 3D model a výkresovou dokumentaci dle upřesnění vedoucího diplomové práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ...11.5.2017...

.....
Mj Mj

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 11.5.2017

M. Majer

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Milan Majer

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vražné-Hynčice 252

Vražné, 742 34

Anotace

MAJER, M. *Konstrukce vystřelovacího mechanismu pro crashtest světlometu: Diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 56s. Vedoucí práce: Kubín T.

Obsahem této práce je konstrukční návrh modernizovaného zařízení pro crashtest předních světlometů. V první části práce byla provedena analýza současného zařízení. K analýze byly použity záběry z vysokorychlostní kamery, výsledky z měření deformací rámu a energetických ztrát impaktoru při výstřelu. Při práci byl použit 3D model mechanismu. Na základě předchozí analýzy byly ve druhé části navrženy varianty řešení hlavních uzlů mechanismu. Konstrukční návrh celého mechanismu byl sestaven z nejlepších variant řešení dílčích uzlů. V závěru práce byla provedena pevnostní kontrola nejkritičtějších částí mechanismu. Součástí práce je výkresová dokumentace, 3D model mechanismu v SW Autodesk Inventor a videa se záběry z vysokorychlostní kamery.

Abstract

MAJER, M. *Design of Shooting Mechanism for Headlight Crash Test. – Diploma Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2017, 56p. Thesis Head: Kubín T.

This thesis is focused on an engineering design of modernised headlight crash test machine. An analysis of a current machine was the main task of the first part. The analysis was performed on basis of high speed camera recordings, results from frame deformation measurements and energy losses of shooting impactor. For the analysis a 3D model of the mechanism was used. The second part deals with the main solution options with respect to previously analysed data. Final design of the mechanism is a result of combining the best solutions. A strain analysis of mechanism parts was the last part of the thesis. Mechanical drawings, 3D model of the mechanism designed in SW Autodesk Inventor and high speed camera recordings are included.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	8
Úvod.....	9
1. Aktuální stav zařízení pro crashtest.....	10
1.1. Princip zařízení.....	10
1.2. Popis vystřelovacího mechanismu zařízení.....	11
1.3. Analýza pružin a výpočet ztrát při výstřelu.....	15
1.4. Princip měření rychlosti impaktoru.....	20
1.5. Analýza záběru z vysokorychlostní kamery.....	21
2. Koncepční návrhy jednotlivých uzlů.....	24
2.1. Koncepční řešení vedení.....	24
2.2. Zařízení pro výstřel impaktoru.....	28
2.3. Brzdění a zpětné zachycení impaktoru.....	30
3. Konstrukční návrh vystřelovacího mechanismu.....	32
3.1. Rám vystřelovacího mechanismu.....	33
3.2. Sestava natahování.....	35
3.3. Uložení vodících tyčí impaktoru.....	38
3.4. Průmyslový tlumič.....	39
3.5. Zadní vozík impaktoru.....	40
3.6. Krytování vystřelovacího zařízení.....	42
4. Návrhové a kontrolní výpočty.....	45
4.1. Výpočet napětí a deformací v zámcích tubusu.....	45
4.2. Srovnání impaktoru.....	48

5. Závěr.....	53
Seznam použité literatury.....	54
Seznam příloh	56

Seznam použitých značek a symbolů

D_{ep}	Vnější průměr pružiny	[mm]
D_p	Průměr drátu pružiny	[mm]
E_k	Kinetická energie impaktoru	[Nm]
E_p	Potenciální energie pružiny	[Nm]
E_z	Ztrátová energie	[Nm]
F_p	Síla pružiny při maximálním stlačení	[N]
k	Tuhost pružiny	[Nm]
L_{op}	Délka nestlačené pružiny	[mm]
L_{np}	Délka pružiny při maximálním stlačení	[mm]
m_o	Hmotnost ocelového impaktoru	[mm]
v_o	Rychlost ocelového impaktoru	[m/s]

Úvod

Firma Varroc vyrábí světla a světlomety pro automobily již několik let a současně provádí crashtesty světlometů v laboratoři katedry 340 Vysoké školy báňské -Technické univerzity Ostrava. Před realizací zařízení v laboratoři katedry, jezdila firmy Varroc tyto testy provádět do Španělska.

V současné době se k testování světlometů při crashtestech používá staré a opotřebované zařízení. Z tohoto důvodu bylo vytvořeno zadání diplomové práce za účelem modernizace zařízení. Výsledný návrh bude prezentován firmě Varroc a po domluvě realizován.

1. Aktuální stav zařízení pro crashtest

1.1. Princip zařízení

Do zařízení je pevně uchycen světlomet stejným způsobem jako na reálné karoserii automobilu. Pod upínací body světlometu jsou umístěny tenzometrické snímače pro měření silových účinků po samotném nárazu.

Proti takto nachystanému světlometu je vystřelován impaktor pomocí dvojice pružin, o dané hmotnosti. Rychlost impaktoru je měřena pomocí akcelerometru a její hodnota je vypočítaná z naměřených hodnot. Uvolnění impaktoru pro vystřelení je zajištěno zámkovým mechanismem pomocí páky.

Celý průběh crashtestu je nahráván na vysokorychlostní kameru.

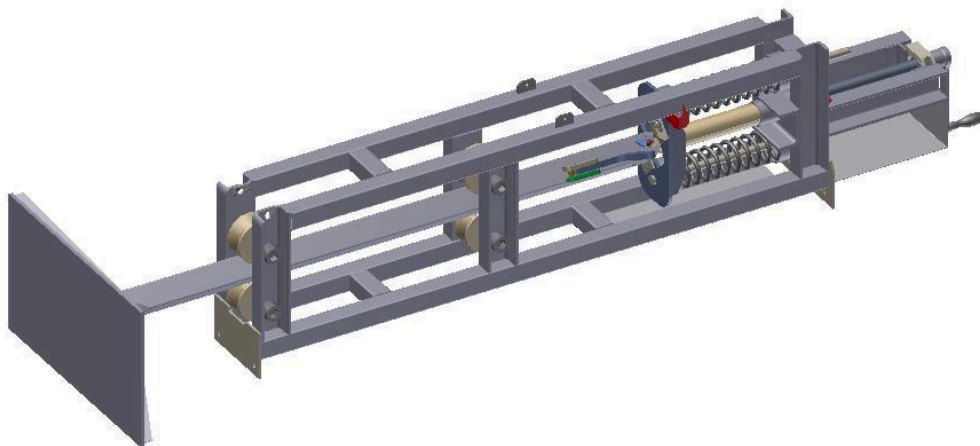


Obr. 1 Zařízení pro crashtest světlometu

Data, získaná ze série testů, jsou zpracovány a porovnány s vytvořenou simulací testu v ideálním prostředí počítače. Vstupní podmínky počítačové simulace jsou poté upraveny tak, aby výpočet co nejvíce odpovídal skutečnosti.

1.2. Popis vystřelovacího mechanismu zařízení

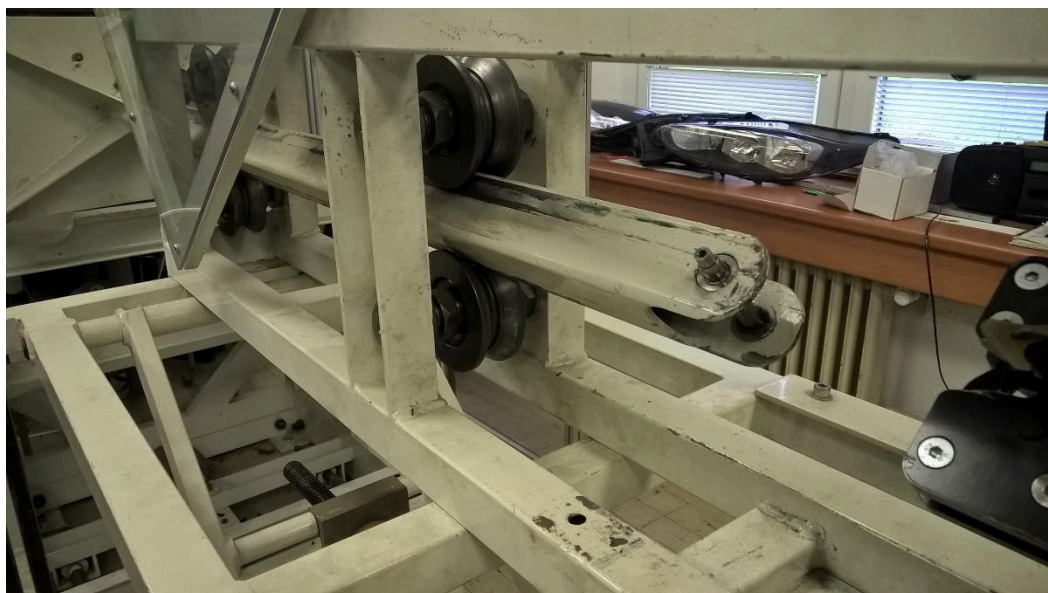
Vystřelovací mechanismus je umístěn na výškově nastavitelném rámu ve dvou vodorovných a na sebe kolmých směrech. Nastavitelný rám spolu s náklonným a otočným stolem pro světlomet umožňuje ustavit světlomet a impaktor vůči sobě variabilně.



Obr. 2 Model současného vystřelovacího mechanismu

Konstrukce rámu z ocelových profilů zaručuje jeho požadovanou tuhost. K rámu je přimontováno vedení impaktoru, natahovací mechanismus a odklopný kryt. Rám vystřelovacího mechanismu je k výškově stavitelnému rámu přišroubován čtveřicí šroubů.

Vedení impaktoru je zajištěno čtyřmi vodícími kladkami, které jsou kalené. rotační pohyb kladek umožňují ložiska s valivými elementy. Rotační pohyb kladek byl dříve zajištěn kluznými ložisky, která však měla příliš velký odpor a při výstřelu impaktoru se ani neroztočila. Z tohoto důvodu byla ložiska nahrazena ložisky s valivými elementy. Kladky je možné ve vertikálním směru stavět tak, aby byla vymezena vůle při chodu impaktoru. Toto nastavování je příliš složité a časově náročné, a pokud je děláno mezi jednotlivými výstřely ovlivní i získané výsledky.

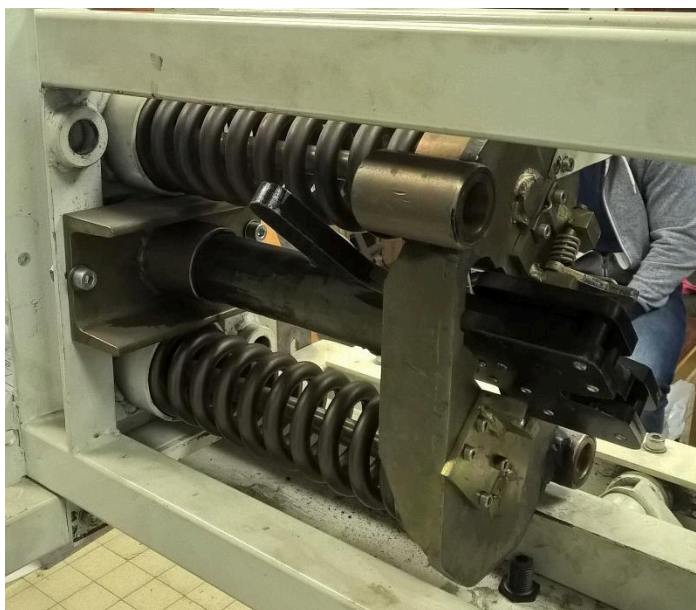


Obr. 3 Vodicí kladky impaktoru

Samotný vystřelovací mechanismus je tvořen třemi základními částmi, tzn. dvojicí pružin, zámkovým mechanismem pro uvolnění impaktoru a lichoběžníkovým šroubem s klikou. Celková tuhost dvojice pružin je $2,2e8 \text{ Nm}$. Uvnitř pružin jsou tyče, které jsou přes pryžové elementy přišroubovány k rámu mechanismu. Tyče slouží jako vedení pružin a pryžové elementy současně tlumí rázy tlačné desky po výstřelu při jejím zastavení.

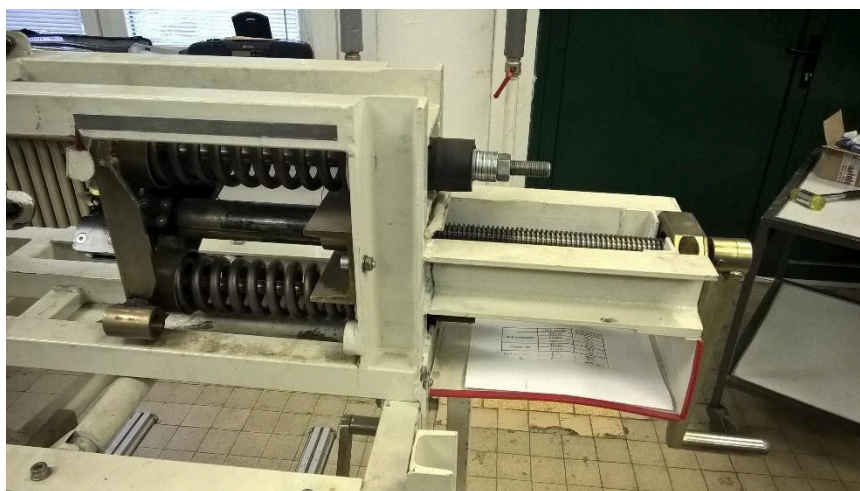
Na obr.4 lze vidět vodicí a pevná pouzdra, která jsou pozůstatkem předchozího řešení vedení pružin. Řešení bylo nevyhovující z důvodu velkých ztrát energie impaktoru.

Zámek mechanismu je jednou z nejdůležitějších částí natahování. Při návrhu byl kladen důraz na snadné odjištění zámku a odolnost vůči síle pružin ve stlačeném stavu. Zámek je speciálně navržen pro tuto aplikaci.



Obr. 4 Natahovací mechanismus, část s pružinami a zámkem

Při natahování se hřídel impaktoru zachytí v zámku. Pomocí pohybového šroubu se stoupáním 5 mm se zámek začne pohybovat směrem ke klice do chvíle, kdy se hřídel opře o desku s pružinami. Od této chvíle se začnou stlačovat pružiny a začne se odpočítávat jejich stlačení.

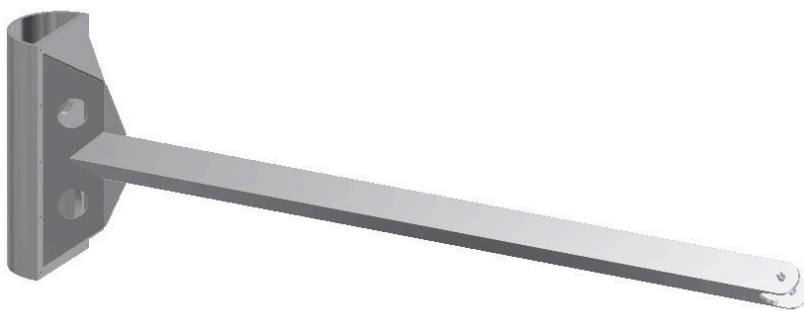


Obr. 5 Celkový pohled na natahovací mechanismus, včetně šroubu s klikou

Jakmile jsou pružiny stlačené na požadovaný rozměr, může dojít k samotnému výstřelu. Pomocí páky dojde k odjištění zámku a uvolnění hřídele impaktoru, který je vystřelen. Při nárazu se impaktor mírně deformuje v mezích pružných deformací.

Po nárazu se vrací zpět a je zachycen k tomu určeným háčkem, který je připevněn na tlačné desce.

Při crashtestech se používají tři typy impaktoru, dva z nich jsou ocelové a třetí je ze slitiny hliníku. Ocelové impaktory mají hmotnost 25 kg a liší se pouze sklonem nárazové plochy vůči vodícímu jeklu impaktoru. První má tuto desku kolmou na jekl a druhý má desku skloněnou pod úhlem 10° . Impaktor ze slitin hliníků váží 5,5 kg a jeho nárazová plocha má tvar výseče válce o poloměru R75 mm. Tento impaktor simuluje lidské stehno.



Obr. 6 Model impaktoru ze slitin hliníku

1.3. Analýza pružin a výpočet ztrát při výstřelu

Pro zjištění potřebné síly pro vystřelení impaktoru danou rychlostí je nutné znát současné ztráty při vystřelení. Současné ztráty pro ocelový impaktor byly zjištěny nejprve teoreticky pomocí výpočtu rovnosti energií a následně potvrzeny praktickou zkouškou v laboratoři.

Teoretický výpočet

Pružiny parametry:

Průměr drátu pružiny $d_{p1} = 12 \text{ mm}$

Střední průměr pružiny $D_{ep1} = 66 \text{ mm}$

Délka pružiny v nestlačeném stavu $L_{0p1} = 266 \text{ mm}$

V katalogu firmy Hennlich s.r.o. byly zjištěny parametry vybrané pružiny. Pomocí jednoduchého výpočtu byla vypočtena tuhost pružiny.

Síla pružiny při max. stlačení $F_{p1} = 9742 \text{ N}$

Délka pružiny při max. stlačení $L_{np1} = 177,6 \text{ mm}$

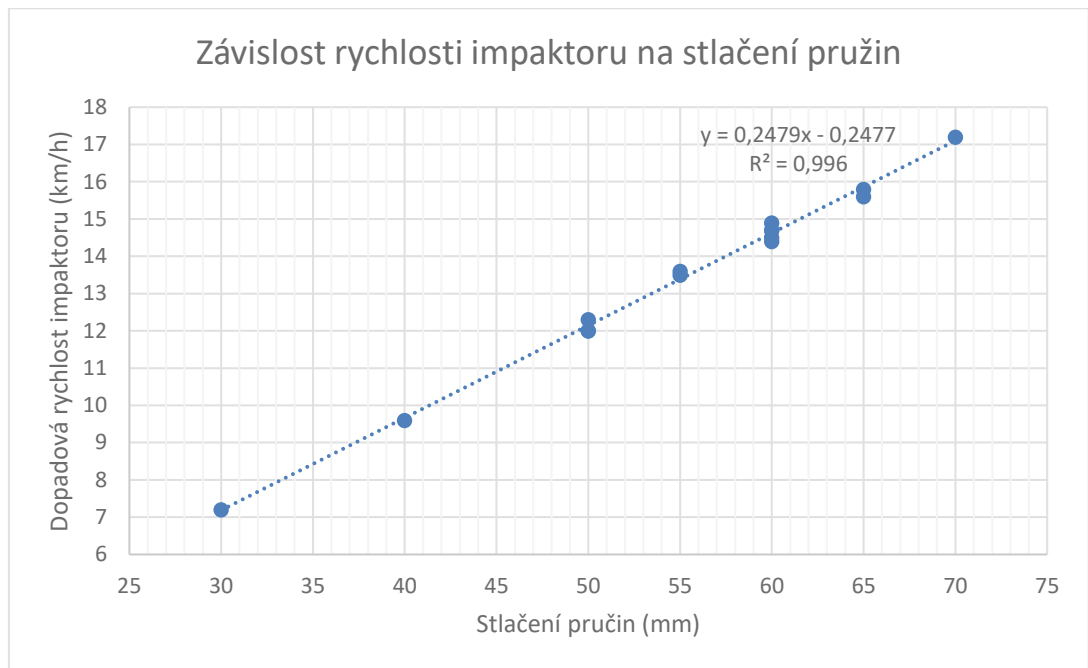
Tuhost pružiny $k_1 = \frac{F}{\Delta L} = \frac{F}{L_{0p} - L_{np}} = \frac{9742}{0,266 - 0,1776} = 110203 \text{ Nm}$

Síla pružin při střelbě s ocelovým impaktorem

Hmotnost ocelového impaktoru $m_o = 25 \text{ kg}$

Rychlost ocelového impaktoru $v_o = 4,16 \text{ m s}^{-1} (15 \text{ km h}^{-1})$

Délka stlačení pružiny byla určena z grafu, proloženého spojnicí trendu. Z rovnice trendu byla vyjádřena neznámá x a dosazena do předpisu $y = 15 \text{ km h}^{-1}$. Po dosazení byla zjištěna potřebná průměrná délka stlačení pružiny při rychlosti $v_o = 15 \text{ km h}^{-1}$.



Obr. 7 Závislost stlačení na dopadové rychlosti impaktoru

$$x = \frac{y + 0,2477}{0,2479} = \frac{15 + 0,2477}{0,2479} = 61,5 \text{ mm} \rightarrow y_{o1} = 61,5 \text{ mm} = 0,0615 \text{ m}$$

Potenciální energie pružiny

$$E_{po1} = 0,5 * k_1 * y_{o1}^2 = 0,5 * 110203 * 0,0615^2 = 208,4 \text{ J}$$

Kinetická energie impaktoru těsně před nárazem

$$E_{ko} = 0,5 * m_o * v_o^2 = 0,5 * 25 * 4,16^2 = 216,3 \text{ J}$$

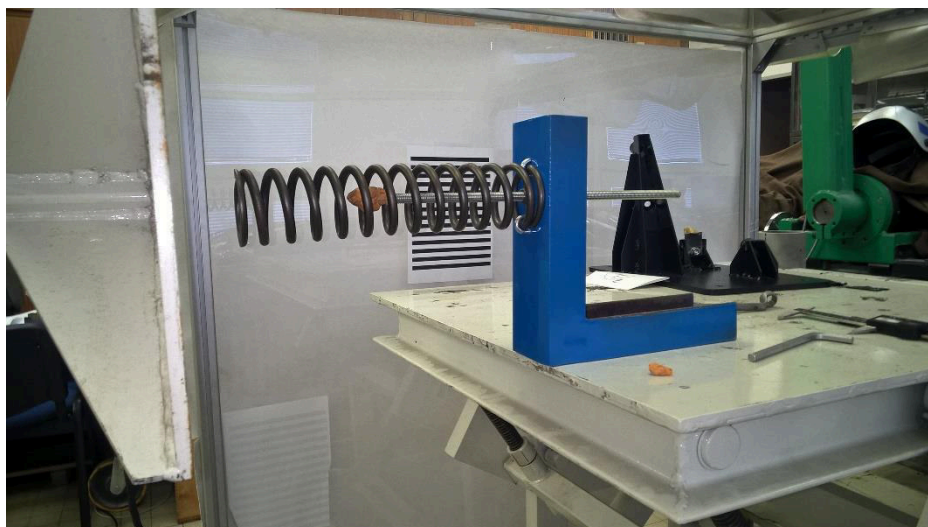
Velikost ztrátové energie

$$E_{zo} = 2 * E_{po1} - E_{ko} = 2 * 208,4 - 216,3 = 200,5 \text{ J}$$

Síla pružin při stlačení 61,5 mm

$$F = 2 * k * y_{o1} = 2 * 110203 * 0,0615 = 13554 \text{ N}$$

Praktická zkouška



Obr. 8 Přípravek pro zkoušení síly pružin

Pro jednoduchou zkoušku byl vyroben přípravek, na němž byla připevněna pružina. Tento přípravek byl testován vystřelením ocelového impaktoru spolu s deskou kolmou na osu impaktoru. Pomocí závitové tyče, umístěné v ose pružiny, a modelovací hmoty, připevněné na závitové tyči, byla experimentálně zjištěna velikost stlačení pružiny na přípravku. Závitová tyč pro zkoušku byla zvolena kvůli snadnému posuvu modelovací hmoty od volného konce pružiny a tím nastavení správné polohy. Při zkoušce bylo dosaženo nastavení tyče tak, že byla modelovací hmota stlačena maximálně o 10 mm.

Pro zkoušku byla použita pružinu, která se dříve používala pro natahování a její parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

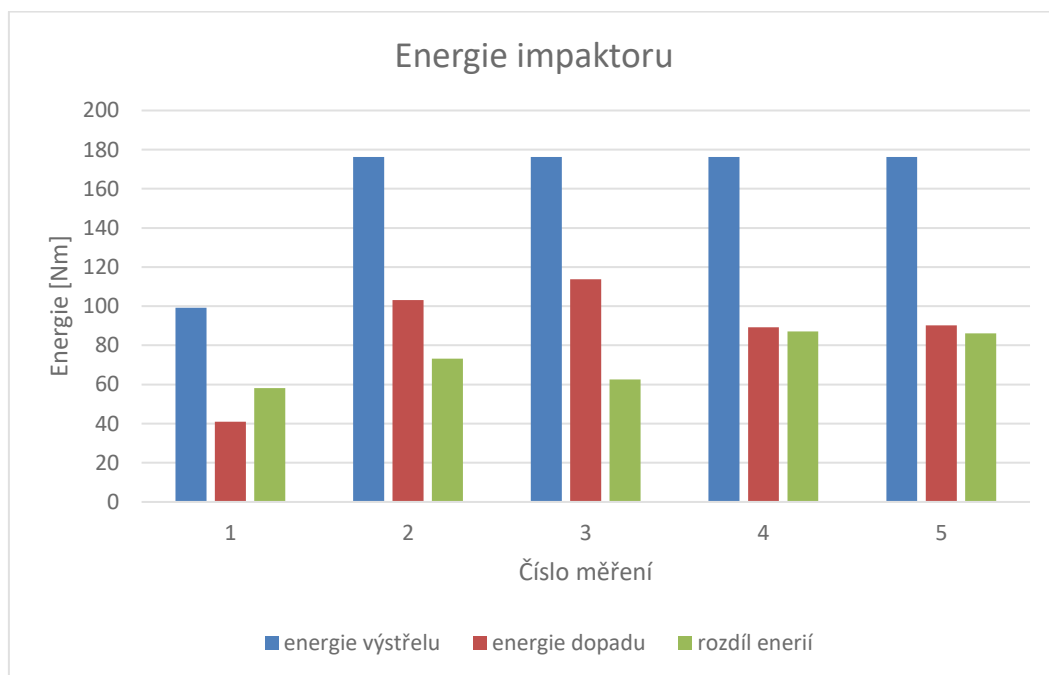
Nastřelovaná pružina		
Síla při max. stlačení	3290	N
Volná délka	0,285	m
Délka při max. stlačení	0,1256	m
Tuhost pružiny	20639,9	N/m

Tab. 1 Parametry nastřelované pružiny

Bylo provedeno několik výstřelů impaktoru, do výpočtu však bylo zahrnuto pouze 5 výstřelů z důvodu jistoty přesného odečtu stlačení pružiny. V poloze pro začátek odečítání stlačení byl impaktor v poloze 5 mm od nastřelované pružiny, kvůli eliminaci ztrát ve vedení. pružina byla nejprve stlačena o 30 mm, rychlost impaktoru poté byla 7,2 km/h byla pružina stlačena o 40 mm a rychlost impaktoru byla 8,4 km/h. Výsledky zkoušky jsou uvedeny níže v tabulce a pro názornost zobrazeny i v grafu.

Číslo měření	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Délka stlačení vystřelovací pružiny [m]	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Délka stlačení nastřelovací pružiny [m]	0,06	0,10	0,11	0,09	0,09
Energie výstřelu [Nm]	99,18	176,33	176,33	176,33	176,33
Energie dopadu [Nm]	40,96	103,20	113,78	89,26	90,22
Rozdíl energií [Nm]	58,22	73,13	62,55	87,07	86,11

Tab. 2 Tabulka hodnot z měření energie pružin



Obr. 9 Graf z měření energie pružin

S grafu je patrné, že velká část energie pružin je ztrátová. Především při čtvrtém a pátém měření kdy bylo dosaženo velmi přesného odečtení stlačení. Z odečtení bylo jasně viditelné, že ztrátová energie byla téměř rovna energii při dopadu.

Při těchto měřeních byla zároveň měřena i deformace nosného rámu vystřelovacího mechanismu v jeho spodní části. Deformace byly značné a dosahovaly hodnoty cca 5.5 mm, současně potvrzeny také vizuálně videem z vysokorychlostní kamery. Na Obr. 10 je zobrazen rám ve výchozí poloze po výstřelu. Před vystřelením impaktoru se modelovací hmota dotýkala rámu i stojánku a vzdálenost mezi ní a rámem byla rovna velikosti deformace ve svislém směru kolmém na osu impaktoru.



Obr. 10 Deformace rámu při jedné ze zkoušek

Z výsledků zkoušky vyplývá, že ztrátová energie je vstřebávána deformací rámu. Z tohoto důvodu je nutné při návrhu pružin uvažovat téměř dvojnásobnou energii impaktoru, než kterou ve skutečnosti potřebuje.

Na obrázku níže je vidět, že pružina nebyla stlačena rovně, ale docházelo tam i k deformaci směrem dolů. Na výsledek zkoušky toto vychýlení pružiny nemělo žádný zásadní vliv. Obrázek je vystřižen z videa nahraném na kameře s vyšším počtem snímků za sekundu. Počet snímků za sekundu nebyl dostatečný, proto je obrázek trochu rozostřený.



Obr. 11 Stlačení pružiny impaktorem

1.4. Princip měření rychlosti impaktoru

Při každé zkoušce s firmou Varroc je měřen i průběh rychlosti impaktoru. Rychlost není měřena přímo, ale skrz průběh zrychlení impaktoru pomocí akcelerometrického snímače, připevněného k čelní desce impaktoru. Rychlost je pak spočtena v programu Matlab pomocí vzorce níže. V tomto případě bylo nutné zrychlení vynásobit hodnotou $1/\cos(10^\circ)$, protože při zkoušce byl použit impaktor s deskou skloněnou o 10° . Výstupem výpočtů jsou pak grafy průběhu zrychlení a rychlosti. V grafu na Obr. 11, je vyznačena maximální dosažená rychlost při této zkoušce.

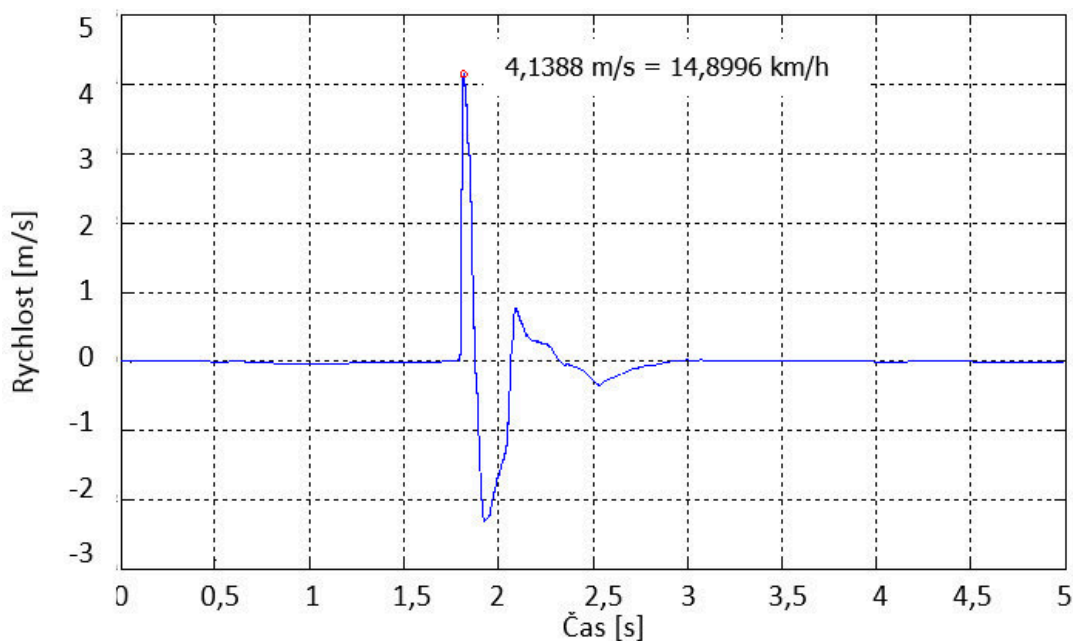
$$v(kT) = \text{cumsum}(a(kT)) \quad \text{kde} \quad k = 0; 1 \dots N - 1$$

T – vzorkovací perioda

v – rychlost

a – zrychlení

N – počet naměřených vzorků



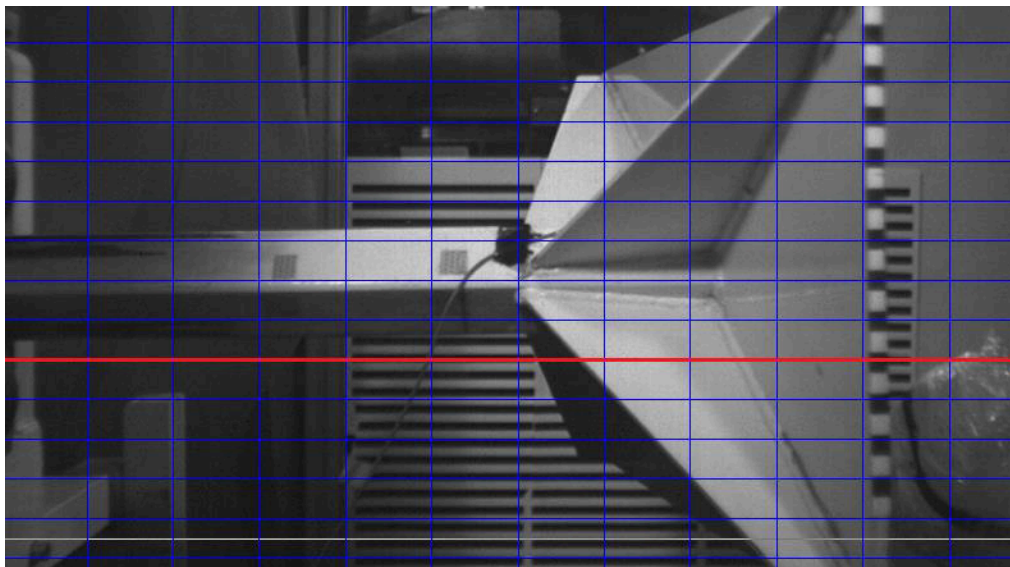
Obr. 12 Průběh rychlosti impaktoru při střelbě a světlomet

Snímač zrychlení je piezoelektrický. Princip měření spočívá ve využití piezoelektrického krystalu, který generuje náboj úměrný působící síle, která při zrychlení působí na každý objekt. Tento náboj je příliš malý, proto je součástí snímače nábojový zesilovač. Takto zesílený náboj jde pak do pulse analyzáru, ve kterém je modul pro převod náboje do formy zpracovatelné v počítači.

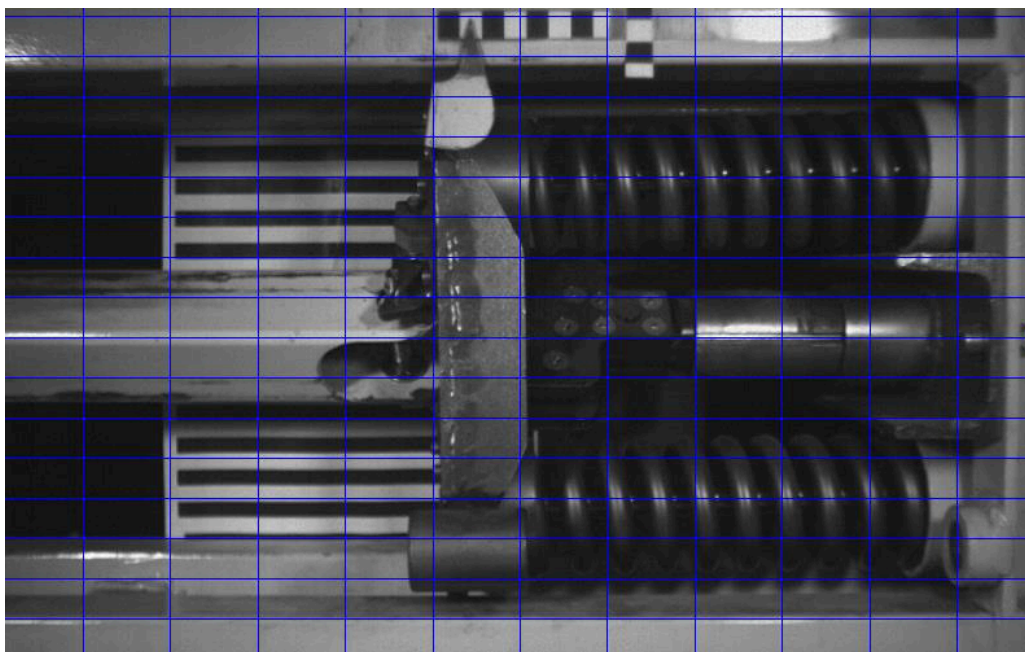
1.5. Analýza záběru z vysokorychlostní kamery

Po dohodě s firmou Varroc byly výstřely na prázdko nahrány vysokorychlostní kamerou pro zjištění chování impaktoru a potažmo celého zařízení při střelbě. Video jsou přiložena jako příloha na DVD, pod označením video 1 a video 2.

Ve video 1 na přiloženém DVD je zobrazen pracovní prostor impaktoru a zvednutí přední části impaktoru při výstřelu. Pro lepší názornost a snazší odečtení velikosti odchylky impaktoru byly do pozadí nalepeny papíry s proužky o šířce 10 mm. Červená čára znázorňuje spodní hranu profilu impaktoru v klidové pozici. Pomocí kvalifikovaného odhadu dle proužků v pozadí byla výchylka impaktoru určena na téměř 30 mm.



Obr. 13 Záběr na vystřelený impaktor v nárazovém prostoru



Obr. 14 Záběr na pružiny při výstřelu

Ve videu 2 na přiloženém DVD jsou zobrazeny pružiny při výstřelu pro zachycení jejich chování a celého vystřelovacího mechanismu. Při uvolňování se každá pružina roztahuje jinak, tento jev je dobře vidět na desce, do které pružiny tlačí. Během uvolňování se chvíli pohybuje rychleji horní část, poté naopak spodní. Díky mřížce, zobrazení na Obr.14, je tento rozdíl rychlosti pohybu hezky viditelný. Proto bylo vedení této desky zrušeno. Pouzdra se při tomto pohybu na vedení přičila

a tímto způsobovala příliš velké ztráty. Po uvolnění impaktoru se pružiny nekontrolovaně vlní a stahují a roztahují, což způsobuje nežádoucí rázy a vibrace na zařízení.

Druhé video potvrzuje i to, že zvednutí impaktoru na prvním videu není zapříčiněno vzlí ve vedení, nebo dokonce chybou ve vedení. Po zhodnocení je zřejmé, že problémovou částí je stavitelný rám pod odpalovacím mechanismem.

2. Konceptní návrhy jednotlivých uzlů

Před samotným návrhem konkrétních řešení byly navrženy varianty řešení jednotlivých základních uzlů vystřelovacího mechanismu. Z těchto návrhů bylo poté vybráno nejvhodnější řešení pro danou aplikaci.

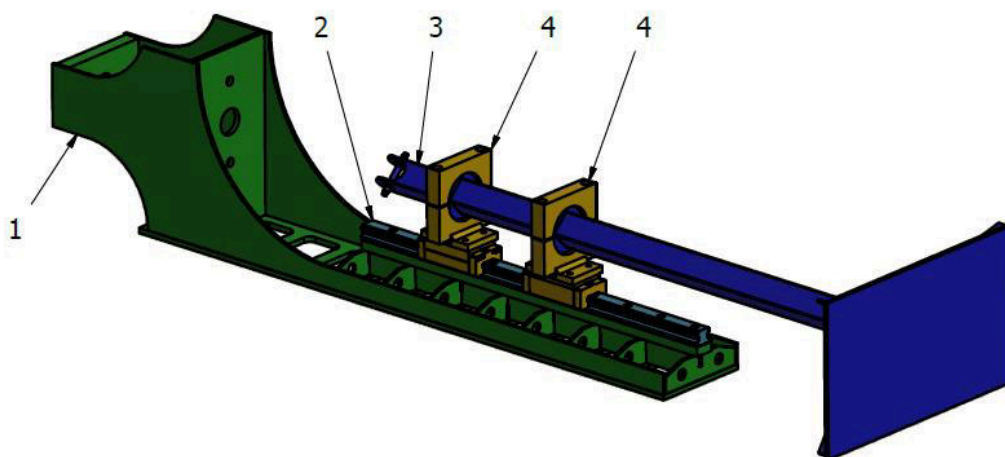
V této kapitole jsou řešeny tyto konstrukční celky:

- Vedení impaktoru
- Zařízení pro výstřel impaktoru
- Brzdění a zpětné zachycení impaktoru

2.1. Konceptní řešení vedení

Řešení pomocí lineárního vedení s dvěma vozíky

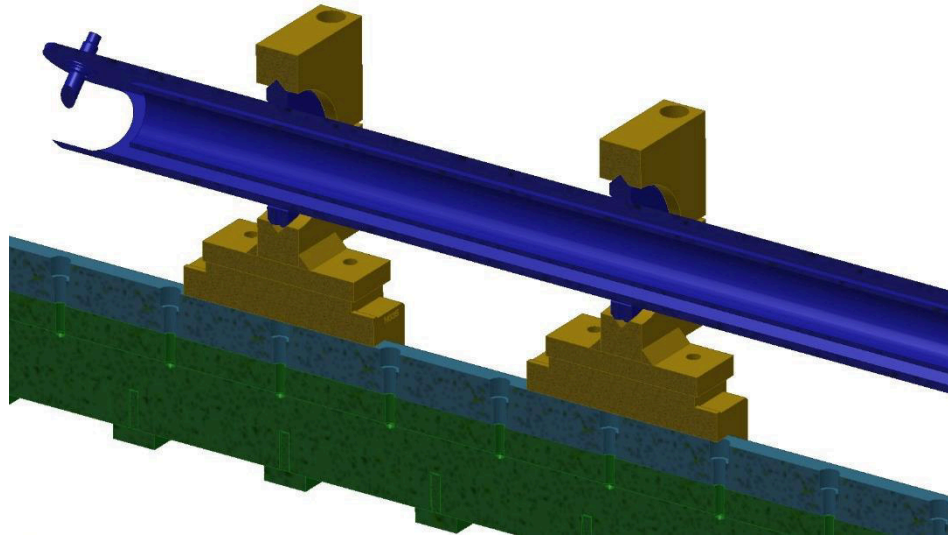
Použití lineárního vedení bylo vhodné zejména kvůli jeho tuhost a minimálního odporu při pohybu. Řešení bylo konstrukčně jednoduché a s využitím stávajících impaktorů s drobnou úpravou. Úprava spočívala v navaření dvou plechů na impaktor. Vnitřní tvar plechů by kopíroval čtvercový průřez dutého profilu.



Obr. 15 První návrh řešení vedení

1 – Rám, 2 – Vedení, 3 – Impaktor, 4 – Vozíky s objímkami

Tyto plechy by přesně zapadaly do drážek v objímkách, které jsou upevněny na vozíku lineárního vedení. Vznikl by tak tuhý tvarový spoj, který by byl z vrchní strany stažen volnou částí objímky. Impaktor je zajištěn čepem vůči rámu, aby nedocházelo k jeho pootočení. Detail spojení je zobrazen na Obr. 16.



Obr. 16 Detail uchycení impaktoru

Výhody tohoto řešení:

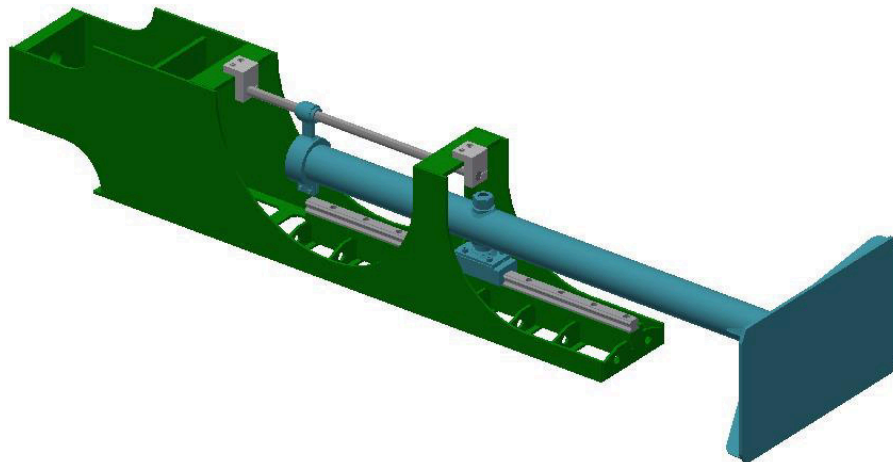
- Snadná výměna impaktoru
- Tuhé vedení díky lineárnímu vedení
- Možnost zachování stávajících impaktoru

Nevýhody tohoto řešení:

- Složitá výroba drážek ve spoji
- Velká hmotnost vozíku s objímkami, problém u lehkého impaktoru

Řešení pomocí jednoho lineárního vozíku a vodící tyče s jedním pouzdem

V tomto řešení bylo cílem zachovat alespoň jeden vozík lineárního vedení. Na konec impaktoru bylo přidáno kuličkové pouzdro, které se pohybuje po vodící tyči.



Obr. 17 Druhý návrh řešení vedení impaktoru

V tomto návrhu řešení nebyl impaktor uchycen k vozíku pomocí objímky z důvodu náročnosti výroby prvků. Spojení bylo realizováno pomocí šroubového spoje, kde je v impaktoru pouzdro s přesnou dírou, a šroub má také přesnou vodící část. Díky je zajištěno namáhání šroubu pouze na střih, ne na ohyb.

Aby bylo možné realizovat vedení pomocí vodící tyče a kuličkového pouzdra, bylo nutné ve střední části rámu udělat konstrukci pro uchycení vodící tyče. Vodící tyč je tedy k rámu přišroubována pomocí domků ve vrchní části rámu. Kuličkové pouzdro je s impaktorem spojeno pouze pomocí svěrného spoje.

Výhody tohoto řešení:

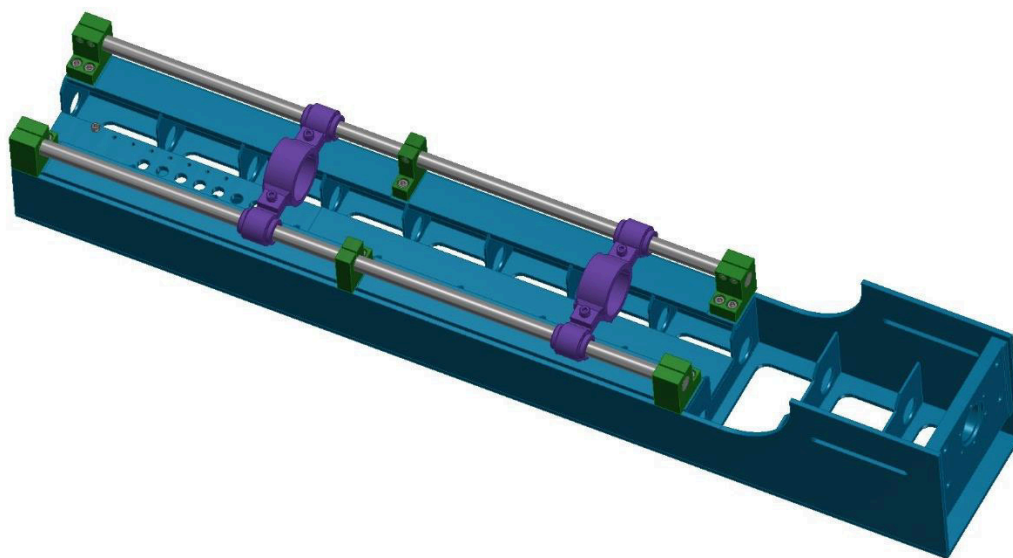
- Menší hmotnost impaktoru než u předchozího návrhu

Nevýhody tohoto řešení:

- Málo tuhé řešení
- Složitá výměna impaktoru
- Vysoká hmotnost

Řešení pomocí dvou vodících tyčí a čtyř kuličkových pouzder

Toto řešení spoléhá pouze na vodící tyče o průměru 20 mm a kuličková pouzdra. Po tyčích jezdí dva domky impaktoru a v každém domku jsou dvě pouzdra. Vozíky se skládají ze dvou základních částí, a to horní a spodní části objímky. Součástí spodní objímky jsou domky pro pouzdra. Impaktor je k vozíku připevněn svěrným spojem. Proti pootočení impaktoru je na spodní objímce čep, který zapadá do impaktoru.



Obr. 18 Vedení impaktoru pomocí vodících tyčí a kuličkových pouzder

Výhody:

- Nízká hmotnost
- Dostatečně tuhé řešení
- Snadná výměna impaktoru

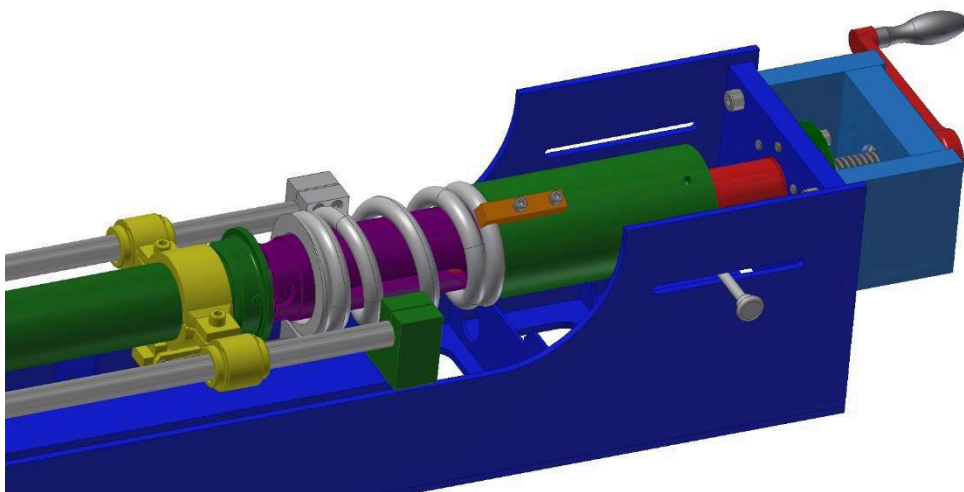
Nevýhody:

- Nutnost dodržet rovnoběžnost vodících tyčí
- Složitost výroby

2.2. Zařízení pro výstřel impaktoru

Jedna pružina

Toto řešení spočívá s umístění pružiny v ose impaktoru. Díky tomuto umístění nevznikají žádné další síly při střelbě, krom sil v ose impaktoru. Natahování je realizováno pomocí lichoběžníkového šroubu po celé délce mechanismu.



Obr. 19 Návrh natahování pomocí jedné pružiny

Výhody:

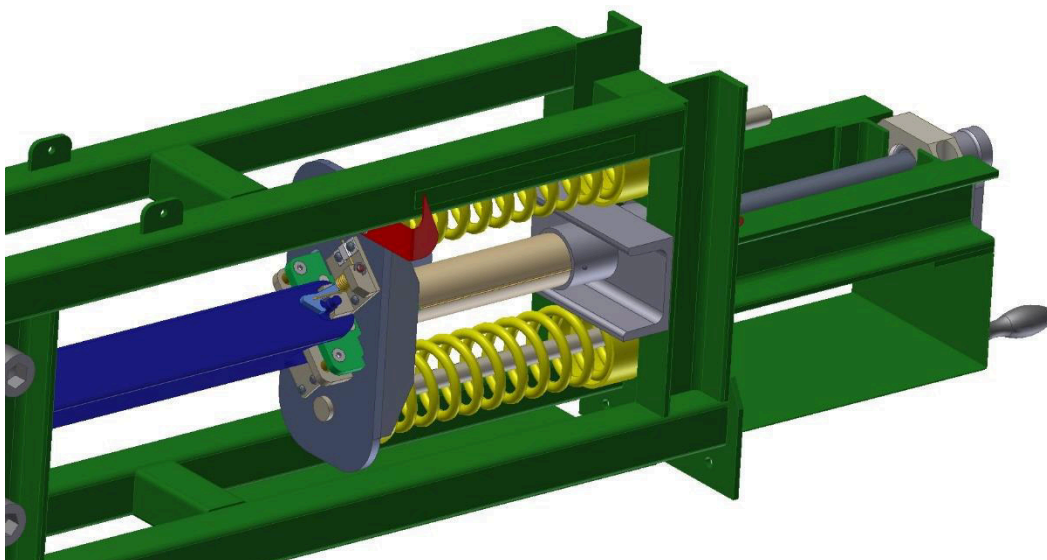
- Pouze síly v ose impaktoru
- Stačí jedna pružina
- Odjištění bez nutnosti zámku

Nevýhody:

- Technologicky náročná výroba

Dvě pružiny

Při návrhu se dvěma pružinami by byla použita obdobná konstrukce současného zařízení za předpokladu upravení vedení pružin. Další úpravy by byly provedeny na hřídeli impaktoru pro uchycení do zámku.



Obr. 20 Řešení s natahováním dvou pružin

Výhody:

- Zachování velké části dílů
- Použití menších pružin

Nevýhody:

- Problematické vedení pružin
- Při výstřelu se kromě impaktoru a pružin uvádí do pohybu další hmoty

Pneumaticky

Toto řešení se zprvu jevilo jako to nejvhodnější, protože lze snadno tlakem ovlivňovat odpalovací rychlost impaktoru. Toto řešení by vyžadovalo zdroj tlakového vzduchu a akumulátor který by vyrovnával tlakové špičky při střelbě. Ani při použití speciální pístnice by nebylo dosaženo potřebného zrychlení, tedy zrychlení impaktoru na rychlost 30 m/s po dráze menší než 150 mm. Při delší dráze by bylo nutné použít delší impaktor, což by zvýšilo jeho hmotnost.

Výhody:

- Snadné nastavení výstřelovací rychlosti impaktoru
- Není nutné řešit uvolňování impaktoru

Nevýhody:

- Nutnost zdroje stlačeného vzduchu a akumulátoru na vzduch
- Drahé řešení, je zapotřebí speciální pístnice
- Dlouhá dráha potřebná k rozpohybování impaktoru

Pomocí motoru a kuličkového šroubu

V tomto případě bylo navrženo elektrické řízení pro vystřelování impaktoru. V tomto návrhu není potřeba řešit uvolňování impaktoru, stejně jako u pneumatického řešení. Princip spočívá v rozpohybování nerotační vedené matice na potřebnou rychlost, a to vše s impaktorem opřeným o tuto matici. Šroub by byl uložen pouze na jedné straně, ale ve dvou ložiskových domcích. Mezi ložisky by pak bylo vloženo hnané kolo převodu od motoru. Jako zdroj rotačního pohybu by byl použit servomotor.

Výhody:

- Snadné nastavení vystřelovací rychlosti impaktoru
- Není nutné řešit uvolňování impaktoru

Nevýhody:

- Motor by musel být příliš velký
- Nestandardní příliš velké stoupání kuličkového šroubu
- Vyšší cena

2.3. Brzdění a zpětné zachycení impaktoru

Pružina se západkou

Toto řešení je nejjednodušší ze všech navržených řešení. Princip spočívá v odražení impaktoru při nárazu do světlometu. V případě že se impaktor od světlometu neodrazí a bude se stále pohybovat dále, narazí na pružinu, která ho zastaví a vystřelí opačným směrem. Jakmile se impaktor bude vracet, tak při nárazu do dorazu se západkou, bude zajištěn západkou. Po zajištění se impaktor zastaví.

Výhody:

- Levné řešení
- Úplné zastavení impaktoru

Nevýhody:

- Chybí tlumení rázů
- Malá životnost západky z důvodu vysoké nárazové rychlosti impaktoru

Průmyslové tlumiče

Pro tlumení energie impaktoru jsou použity průmyslové tlumiče od fa. ACE. Výhodou tohoto řešení je, že vznikají pouze malé rázy. Energie impaktoru je pohlcena tlumičem. Při vysunutí tlumiče je impaktoru předán zlomek dopadové energie na tlumič. Díky tomuto není zapotřebí žádné zachycení impaktoru. Pro správnou funkci zařízení jsou zapotřebí dva tlumiče. Jeden je z tlumičů je v přední část rámu a tlumí náraz impaktoru v případě, že projde světlometem. Druhý tlumič zachytává impaktor po odražení od světlometu, případně po odrazu od tlumiče.



Obr. 21 Průmyslový tlumič ACE MAGNUM [3]

Výhody:

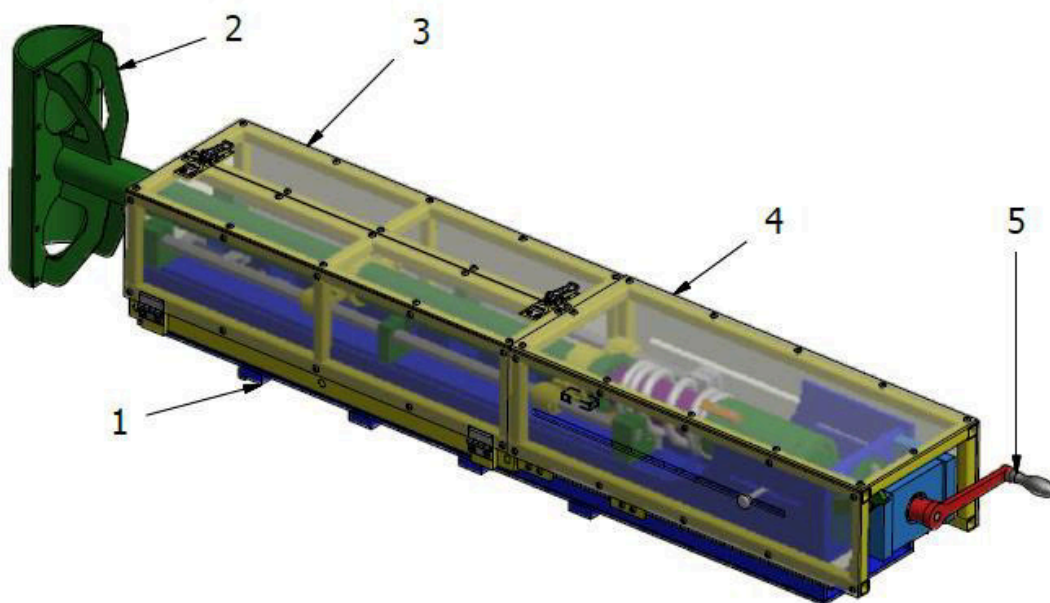
- Tlumí náraz impaktoru, nejsou žádné velké rázy
- Možnost měnit tuhost tlumiče

Nevýhody:

- Vyšší cena

3. Konstrukční návrh vystřelovacího mechanismu

Obsahem této kapitoly je navržený vystřelovací mechanismus pro crashtest předních světlometů. Navržené řešení klade důraz především na přesnost vedení impaktoru a jeho zajištění po nárazu do světlometu.



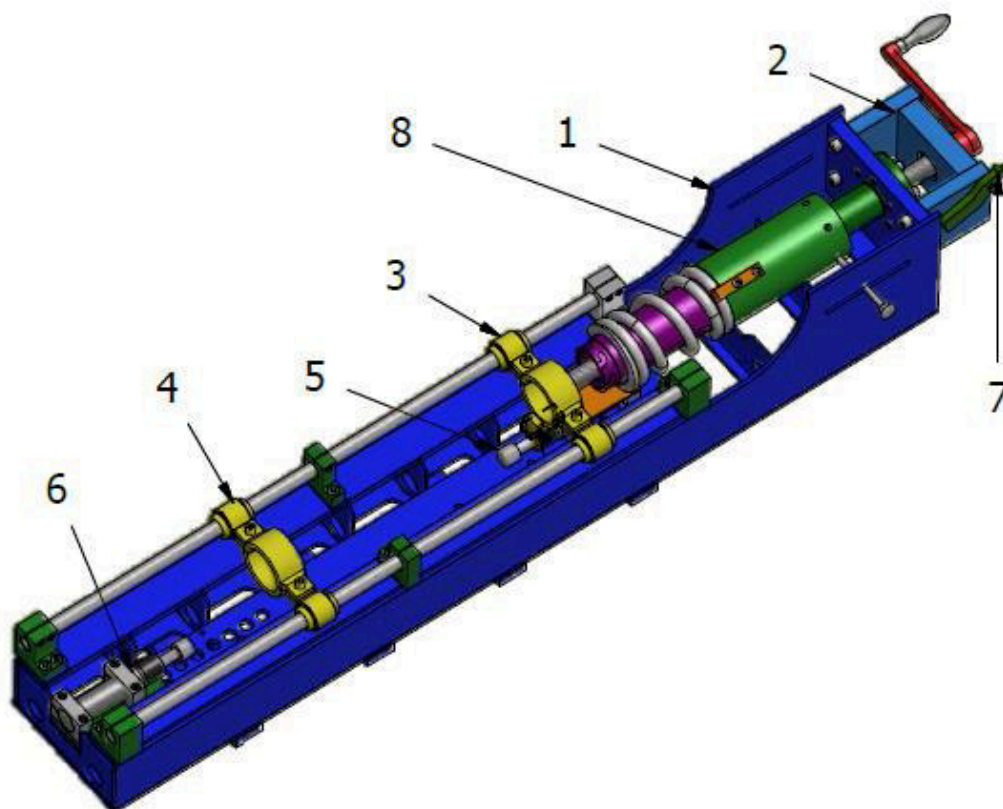
Obr. 22 Sestava vystřelovacího mechanismu s krytováním

Popis obrázku: 1 – Rám; 2 – Impaktor, 3 – Přední kryt, 4 – Zadní kryt 5 – Klika natahování.

Při návrhu bylo vycházeno ze zkušeností získaných zkouškami na zařízení. Výsledky, získané teoretickými výpočty, bylo možné ověřit prakticky při zkoušce. Při návrhu byly zohledněny také záběry výstřelu z vysokorychlostní kamery, díky kterým bylo snazší popsat chování zařízení včetně samotného impaktoru.

Výsledkem práce je 3D model konstrukčního návrhu vystřelovacího mechanismu včetně 3 typů impaktorů, 3D model byly vytvořeny v softwaru Autodesk Inventor Profesional 2017. Součástí je přehledný výkres sestavy a další výkresy vybraných dílčích částí mechanismu.

Pro názornost a lepší popis dílčích částí mechanismu byl zvolen obrázek mechanismu bez ochranného krytu.



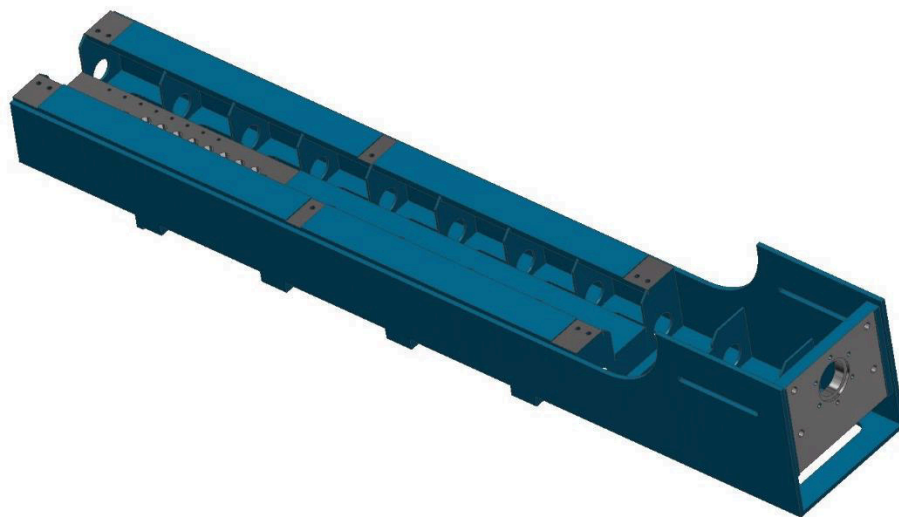
Obr. 23 Sestava vystřelovacího mechanismu bez krytování

1 – Rám, 2 – Konzola uložení šroubu, 3 – Zadní vozík impaktoru, 4 – Přední vozík impaktoru, 5 – Zadní tlumič, 6 – Přední tlumič, 7 – Západka zadního krytu, 8 – Sestava natahování

3.1. Rám vystřelovacího mechanismu

Rám je nosnou částí ostatních dílů mechanismu a jeho tuhost podstatně ovlivňuje i tuhost celé konstrukce. Z tohoto důvodu byl rám navržen jako ocelový svařenec.

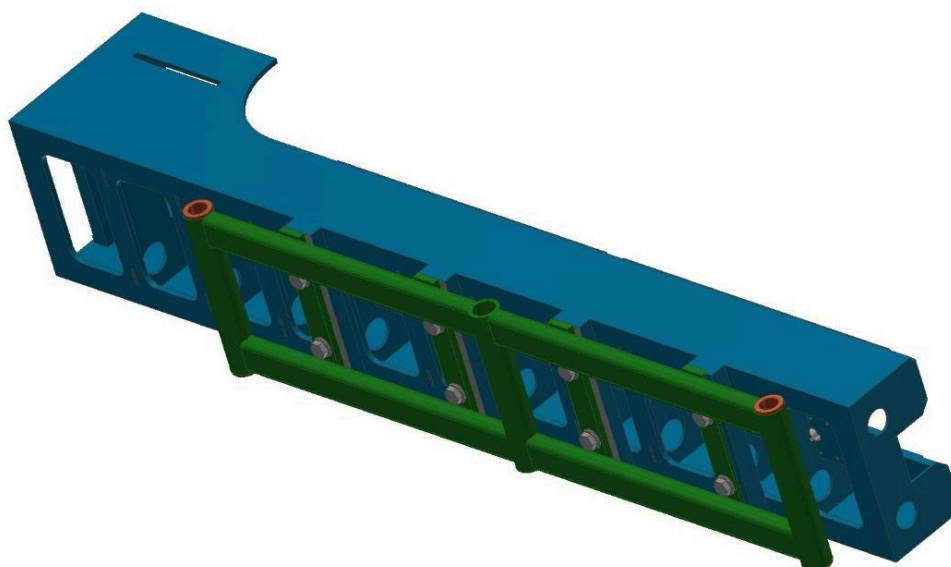
Svařenec je tvořen výpalky a tyčí z běžné konstrukční oceli S235JR. Pro snazší sestavení pro svaření byly do výpalků navrženy zámky. Díky tomu je přesně vymezena vzájemná poloha jednotlivých dílců.



Obr. 24 Rám vystřelovacího mechanismu

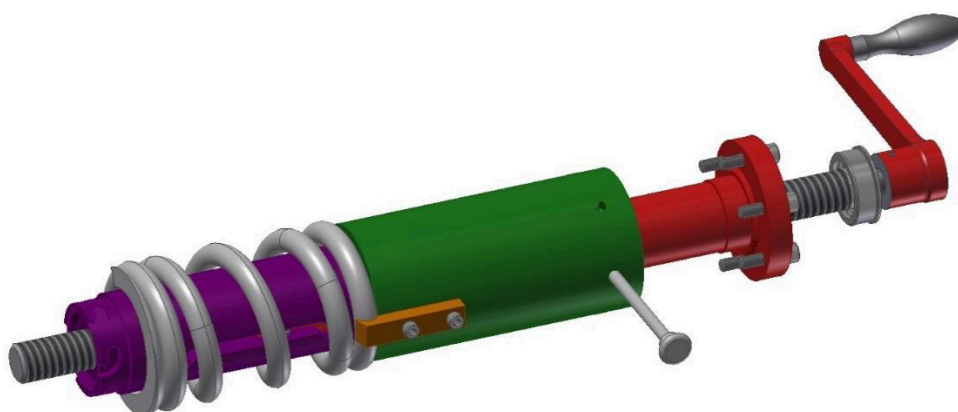
Po svaření rámu budou obrobena plochy pod domky vodících tyčí, dále pak plochy pro pneumatické tlumiče. Ze strany páky bude obrobena plocha pod přírubu vodící tyče natahování, včetně závitových otvorů. Na této straně bude obrobena i plocha pro přišroubování konzoly pohybového šroubu. Ze spodní strany se budou obrábět pouze plochy na navařených obdélníkových tyčích. V každé s tyčí budou dva závity M12.

Rám bude k stavitelnému rámu přišroubován osmi šrouby velikosti M12. Závity pro přišroubování budou v příložkách, navařených na spodní části rámu. Příložka vpředu má navíc osazení, díky kterému nejsou rázy od výstřelu přenášeny pouze silovým stykem, ale i tvarovým, kdy se osazení opře o vahadlový rám.



Obr. 25 Rám mechanismu s vahadlovým rámem

3.2. Sestava natahování

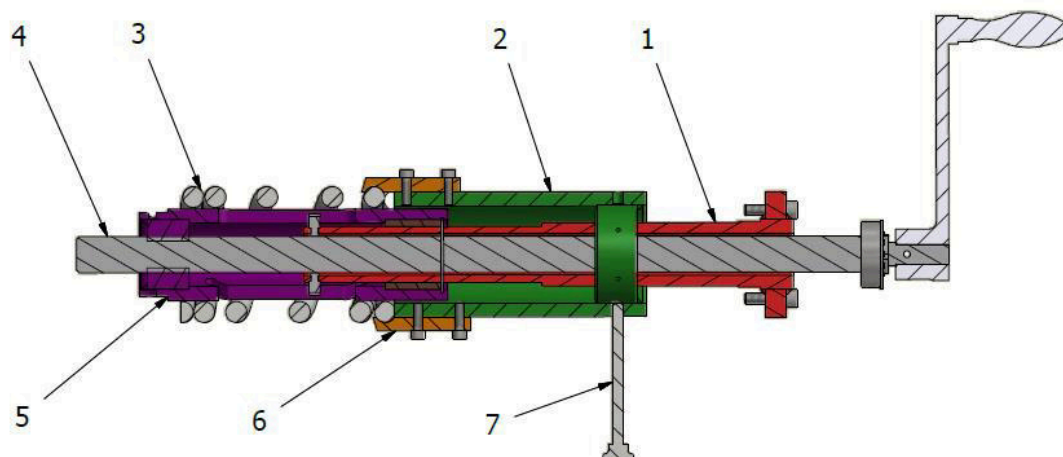


Obr. 26 Sestava natahování

Sestava natahování se skládá ze šesti základních částí. Jsou to pružina, posuvný doraz pružiny, tubus s maticí, vodící čep, pohybový šroub a klika pro natahování. Jedinou nepohyblivou částí je vodící tyč natahování, která je pevně přišroubována přes konzoli k rámu.

Pro názornost byl vytvořen řez sestavou, na kterém je popsán princip natahování a uvolňování impaktoru. Před samotným natahováním je nutné nastavit

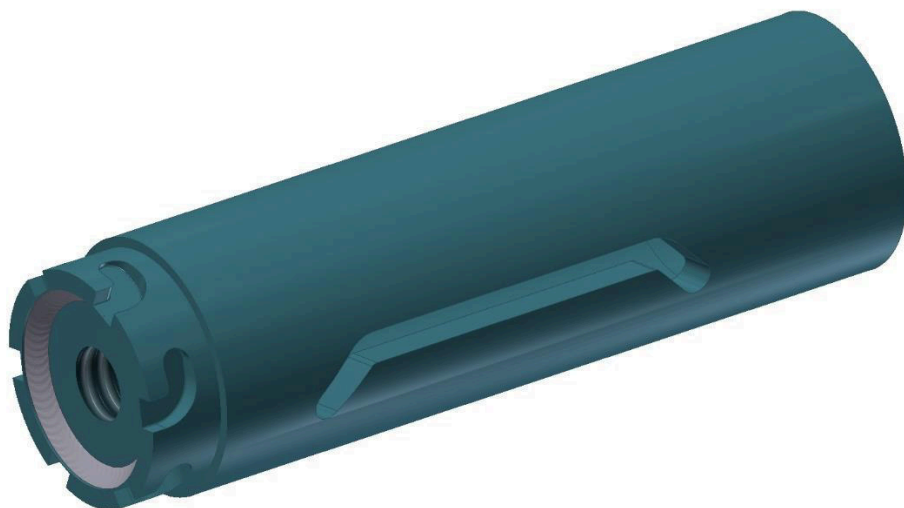
velikost stlačení pružiny. To se provede pomocí posuvného dorazu pružiny, který se díky závitu pohybuje po vodícím čepu. Po nastavení do požadované polohy se zajistí čepem, který je prostrčen rámem a zasunuje se do otvorů v dorazu. Poté stačí klikou pružinu dostatečně stlačit a vedený tubus se postará o uvolnění impaktoru ze zámků. Celý proces výstřelu je vidět ve videu animace, na přiloženém DVD.



Obr. 27 Řez sestavou natahování

- 1 – Vodící čep, 2 – Posuvný doraz pružiny, 3 – Pružina, 4 – Šroub natahování,
5 – Tubus s maticí, 6 – Upínka pružiny, 7 – Čep dorazu

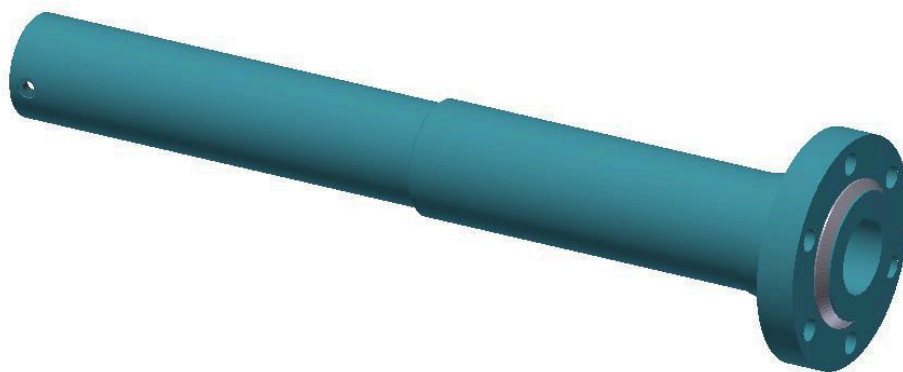
Tubus s maticí je výrobně nejsložitějším dílem celé sestavy. Tubus se skládá ze svařence trubky s maticí a bronzového pouzdra, které je zajištěno pojišťovacím kroužkem. Bronzové pouzdro umožňuje pohyb tubusu ve směru pohybového šroubu po vodícím čepu. Natáčení tubusu je řešeno pomocí dvou vodících drážek, které jsou vedeny dvojicí čepů zašroubovaných ve vodícím čepu. Uchycení impaktoru na tubus je realizováno šesti zámků v části s navařenou maticí. Díky vedení tubusu čepy dojde po nastaveném natažení k pootočení tubusu. Díky tomu se neotáčející impaktor uvolní ze zámků v tubusu a je vystřelen. Polohu pro pootočení tubusu a uvolnění impaktoru lze nastavit posuvným dorazem.



Obr. 28 Tubus s maticí

Navržená pružina má střední průměr 82 mm, průměr drátu 15 mm. Volná délka pružiny je 152 mm a její maximální stlačení je 57 mm. Díky těmto parametrům má pružina při maximálním stlačení sílu 13324 N. Pružinu byla zvolena z katalogu firmy HENNLICH S.R.O. Pevná strana pružiny je připevněna k posuvnému dorazu pomocí dvou upínek.

Další důležitou částí natahování je pohybový šroub. Jedná se o lichoběžníkový pravotočivý šroub o průměru 26 mm a stoupání 5 mm. Šroub je uložen v jednořadém kuličkovém ložisku s označením 6303-2Z. Ložisko je oboustranně kryté, díky tomu jej není třeba mazat a nedostanou se dovnitř nečistoty. Ložisko je na šroubu zajištěno KM maticí s MB podložkou. Na šroubu je nasazena klika pro natahování, která je zajištěna šroubem proti vzájemnému otáčení.

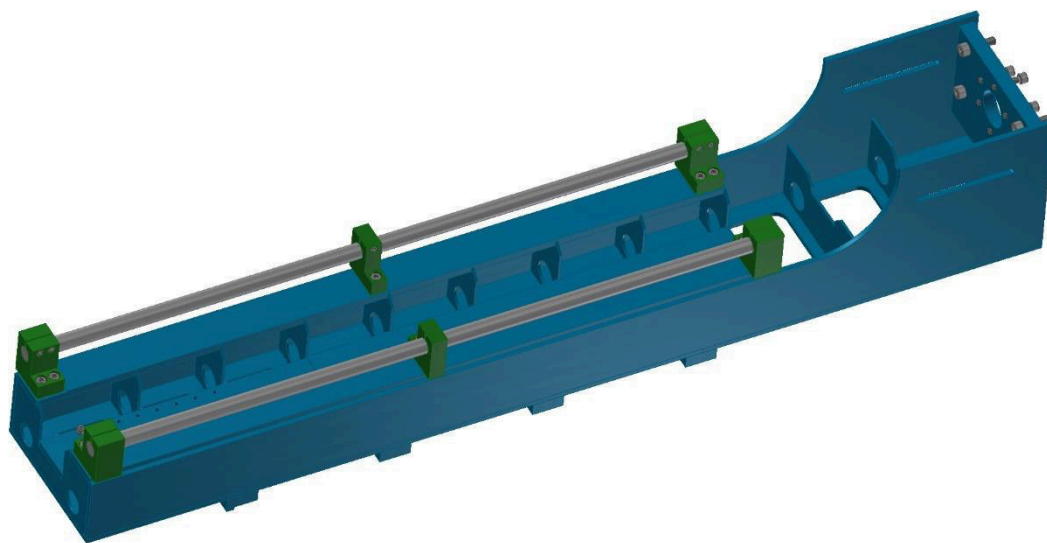


Obr. 29 Čep natahování

Vodící čep je také svařenec, a to z trubky a výpalku tvaru mezikruží. Trubka byla zvolena tak, aby nebylo nutné obrábět vnitřní průměr čepu z důvodu technologické náročnosti na obrábění. Čep má tři základní vnější průměry. Nejmenší je přesný vodící průměr tubusu s drsností Ra 0,8. Ve středové části je závit velikosti M45x3. Největší průměr je pak průměr příruby.

3.3. Uložení vodících tyčí impaktoru

Vedení impaktoru je realizováno pomocí dvou nepodepřených vodících tyčí průměru 20 mm. Každá tyč je k rámu připevněna pomocí tří domků. Krajní dva jsou větší, středový má téměř poloviční šířku. Domky pro uchycení tyčí byly navrženy z důvodu nevyhovující nabídky z katalogů firem. Domky jsou k rámu přišroubovány na ofrézovaných plochách, které jsou v jedné rovině. Při montáži pak bude nutné zajistit přesnou rovnoběžnost tyčí.



Obr. 30 Sestava uložení vodících tyčí k rámu

3.4. Průmyslový tlumič



Obr. 31 Průmyslový tlumič ACE s popisem [4]

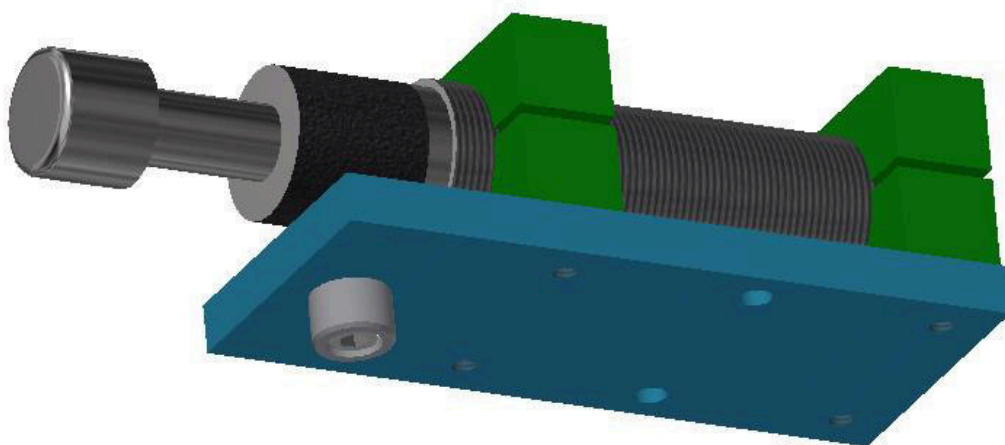
Pro tlumení impaktoru ať už při střelbě se světloometem, nebo na prázdkno, jsem se rozhodl použít nastavitelný průmyslový tlumič od fy. ACE. Pro danou aplikaci nejvíce vyhovoval tlumič série MAGNUM s označením MA3350EUM. Tento tlumič byl použit i pro zpětné tlumení impaktoru.

Parametry průmyslového tlumiče	
Zdvih	50 mm
Dopadová rychlost	5 m/s
Maximální energie	340 Nm/zdvih
Minimální zpětná síla	45 N
Maximální zpětná síla	135 N
Vratný čas pístnice	0,03 s
Hmotnost	0,54 kg

Tab. 3 Parametry průmyslového tlumiče

Princip funkce průmyslového tlumiče spočívá v přesunu kapaliny z jedné komory do druhé pomocí šroubovice na vnitřním průměru válce. Píst průmyslového tlumiče se vrací do výchozí polohy pomocí pružiny.

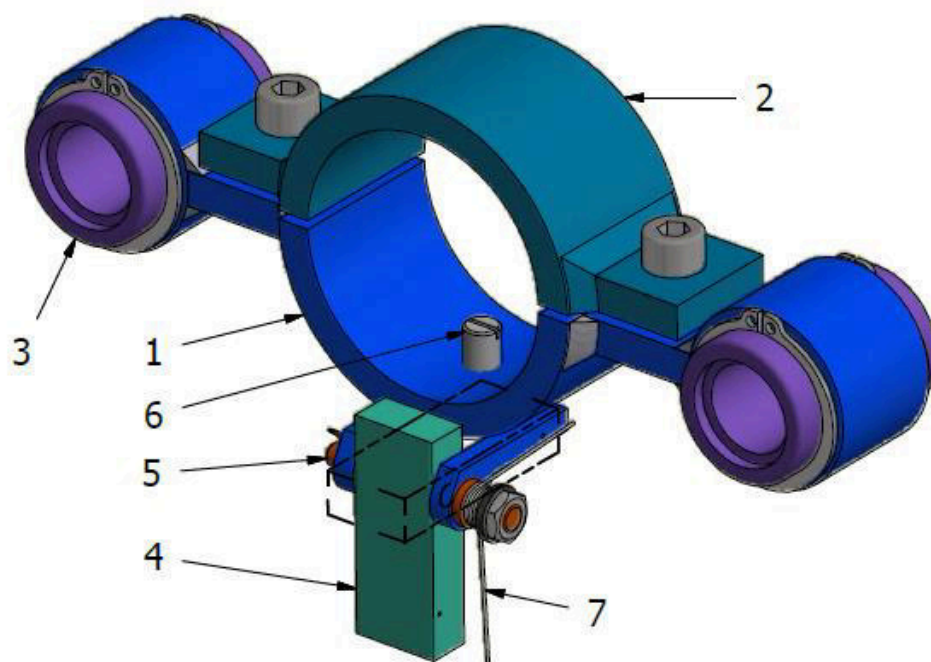
Přední tlumič je přišroubován k desce pomocí montážní patkové sady dodávané s tlumičem. Desku je možné v kroku 30 mm posouvat po desce. Krok je určen vzdáleností otvorů pro čep desky. Při každém posunu desky je nutno oba šrouby plně vyšroubovat a znovu našroubovat. Tlumič zpětné energie impaktoru je k rámu přišroubován napřímo pomocí montážní patkové sady.



Obr. 32 Přední průmyslový tlumič s deskou

3.5. Zadní vozík impaktoru

Impaktor je veden dvojicí vozíků, každý vozík má dvě kuličková pouzdra. Domek se skládá ze spodní a horní objímky, kuličkových pouzder a mechanismu pro zpětné tlumení nárazu. Obě objímky jsou svařence ze slitin hliníku, které se následně složí k sobě a obě objímky se celé společně obrobí. Ve spodní objímce je závitový otvor pro kolík. Kolík zajistí, aby se impaktor neotáčel.



Obr. 33 Zadní vozík impaktoru

1 – Spodní objímky, 2 – Horní objímka, 3 – Kuličkové pouzdro, 4 – Sklopný doraz, 5 – Čep dorazu, 6 – Čep impaktoru, 7 – Zkrutná pružina

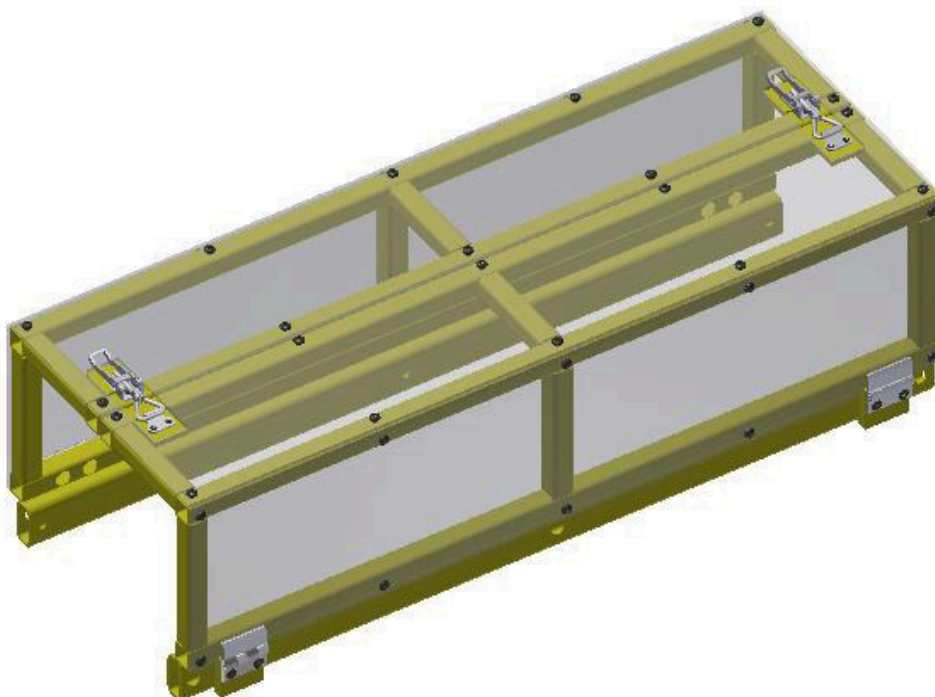
Mechanismus zpětného tlumení slouží k utlumení energie impaktoru při odražení od světlometu, aby nedošlo při zpětném pohybu k poškození sestavy natahováním. Samotné tlumení je realizováno průmyslovým tlumičem, do kterého naráží sklopná deska ve spodní části vozíku. Pro zajištění sklopení desky byla navržena zkrutná pružina, umístěná na čepu otáčení.

3.6. Krytování vystřelovacího zařízení

Z hlediska bezpečnosti je krytování důležitou součástí každého zařízení. Kryt byl rozdělen na dvě části, na část přední a část zadní, z důvodu snazší manipulace

Přední kryt

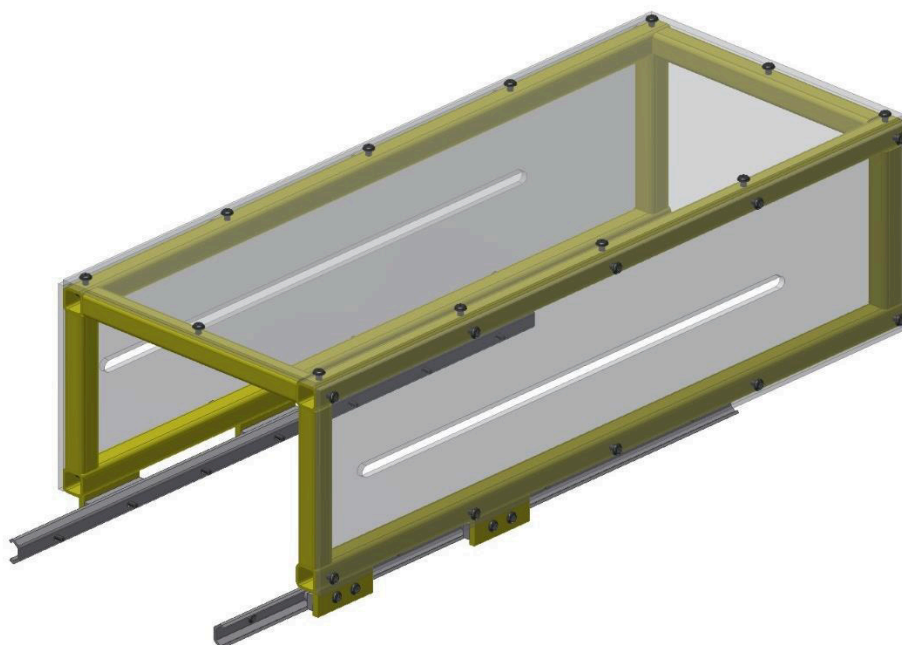
Přední kryt má dvě sklopné bočnice. Rám krytu je svařenec z trubek čtvercového a obdélníkového průřezu. Na tento rám je následně přišroubována krycí průhledná deska z polymethylmetakrylátu, zkratka materiálu je PMMA. Otvírání bočnice zajišťuje dvojice šroubovaných ocelových pantů. Po zavření obou částí krytu, je možno kryty k sobě stáhnout dvěma stavitelnými uzávěry. Při otevření stačí otevřít pouze jedna bočnice. Druhá bočnice se díky tomu že, je opřená o pevný profil, přišroubovaný k rámu, nezavře ještě více směrem dovnitř. Celý tento kryt je k rámu přišroubován šesti šrouby, na každé straně třemi.



Obr. 34 Přední část krytu

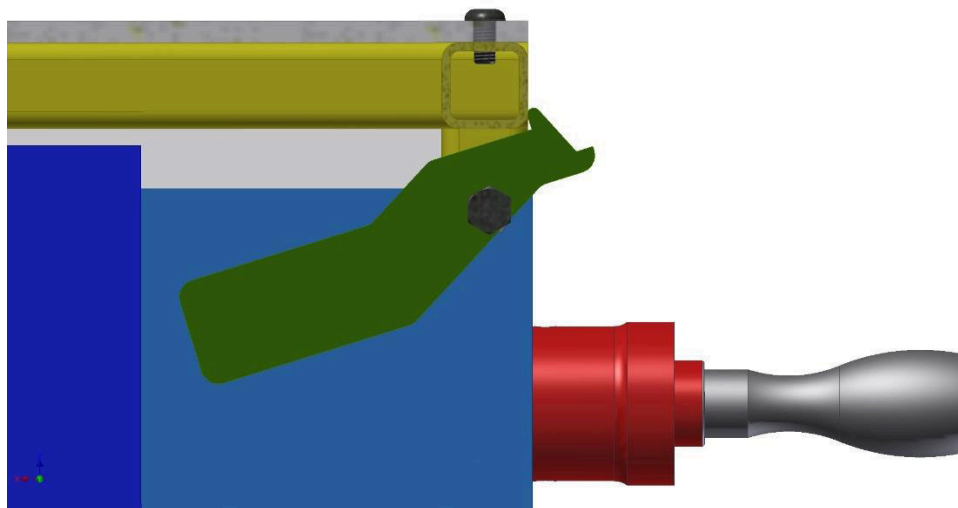
Zadní část krytování

Zadní část krytu je posuvná směrem dopředu a dozadu. Vedení krytu je řešeno lineárním vedením typu C-Rail. Pro tuto aplikaci je vedení dostačující a je cenově dostupné. Kolejnice jsou přišroubovány k rámu mechanismu, vozíky pak k rámu krytu. Rám krytu je stejně jako u přední části tvořen trubkami čtvercového průřezu. Na rám jsou poté přišroubovány průhledné desky ze stejného materiálu jako desky v přední části krytu. V obou bočních deskách jsou drážky pro čep dorazu.



Obr. 35 Zadní část krytu

Při otevřeném zadním krytu není možné impaktor vystřelit, protože vysunutý kryt brání volnému otáčení klikou. A bez otáčení klikou není možné uvolnit impaktor. Kryt je v zavřené poloze zajištěn západkou. Západka není ovládána pružinou, její funkce je zajištěna správným rozložením hmotnosti západky vůči bodu otáčení.

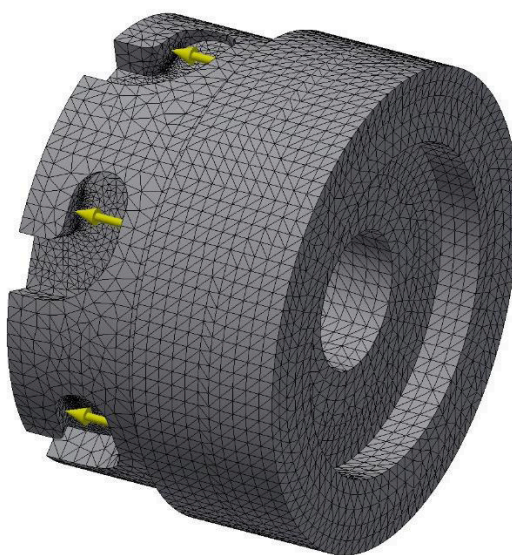


Obr. 36 Detail západky zadního krytu

4. Návrhové a kontrolní výpočty

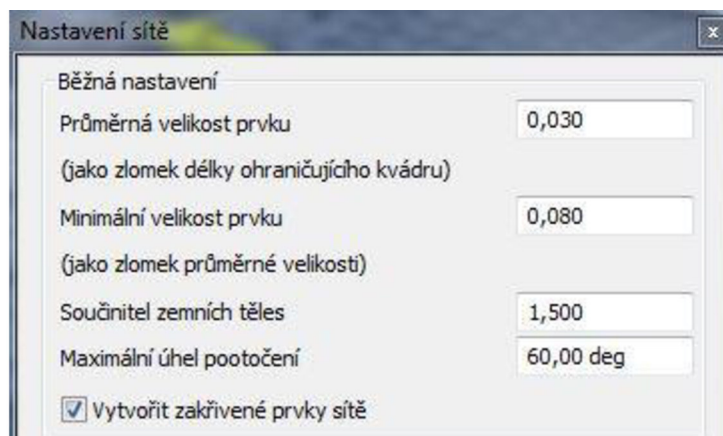
4.1. Výpočet napětí a deformací v zámcích tubusu

Nejkritičtějším místem natahovací sestavy z pohledu pevnosti jsou jednoznačně zámkové části, které zachycují impaktor při natahování. Na zámkové části působí při plném stlačení síla 13334 N. Tato síla se rozkládá do šestice zámků. Pro simulaci zatížení a výpočet napětí byla vybrána matice, zobrazená na obrázku níže. V ostatních částech tubusu bude předpokládáno napětí zanedbatelné.

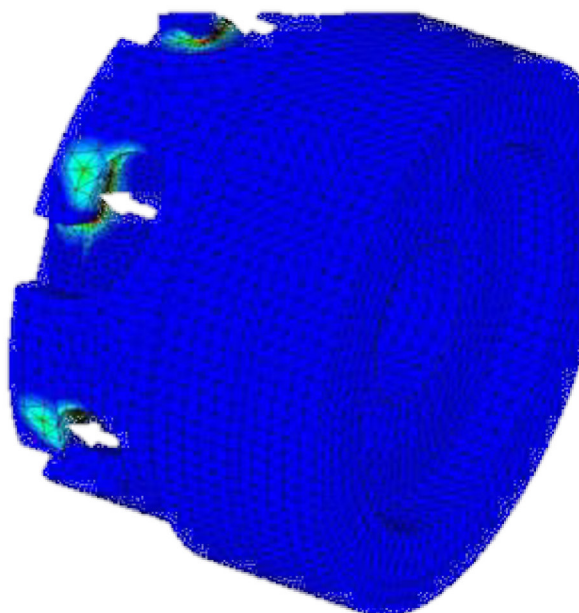


Obr. 37 Pohled sítě tubusu

Pevnostní kontrola byla provedena v programu Autodesk Inventor 2015 pomocí metody konečných prvků. Model před simulací nebylo třeba nějakým způsobem upravovat. Vytváření sítě a samotný výpočet byly velice rychlé i přes poměrně velké zjemnění sítě v oblasti zámků. Pevná vazba byla umístěna na vnitřní průměr matice a síla pak na malé rovné plošky v zámcích. Síť byla tvořena 162006 uzly a 110839 prvky. Její další parametry jsou na obrázku níže.

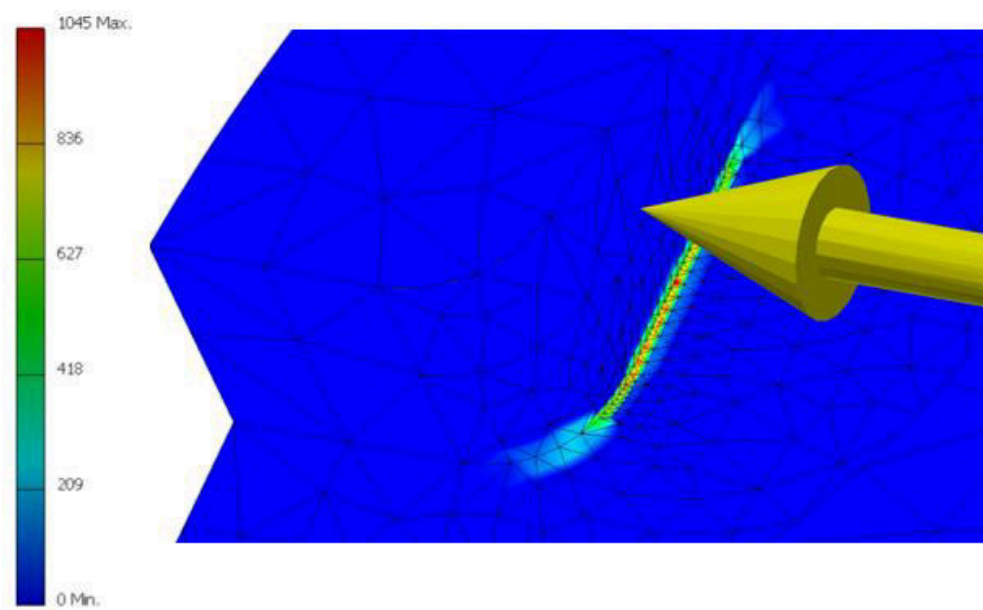


Obr. 38 Parametry sítě pro výpočet MKP



Obr. 39 Napětí v zámcích tubusu

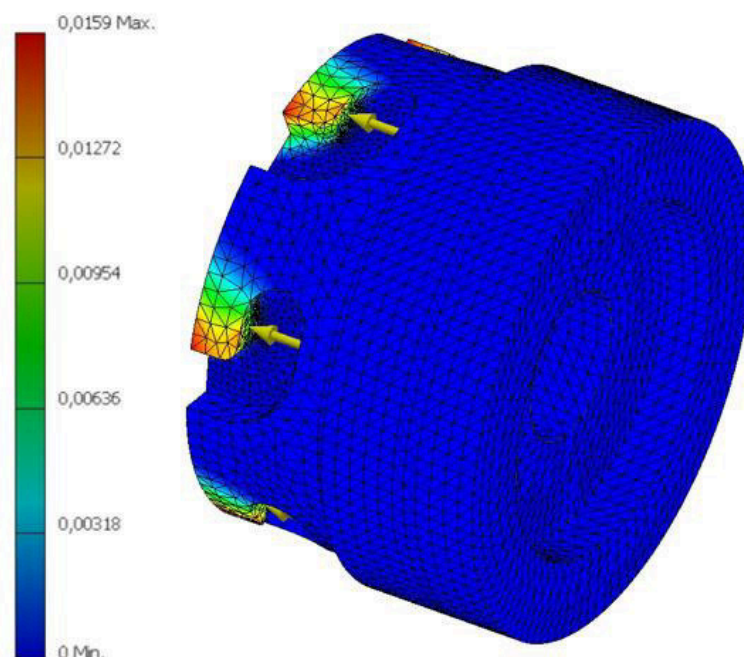
Simulace potvrdila to co bylo předpokládáno. Největší napětí bylo akumulováno na hraně mezi opěrnou plochou čepu impaktoru a spodní plochou drážky. Na Obr. 38 byla upravena grafická stupnice a zvolena hodnota menší, než je hodnota maximální. Tyto úpravy byly provedeny z důvodu vznikajících nepřesností při výpočtu na zmíněné hraně a ve výsledku by byl celkový průběh zkreslený touto extrémní hodnotou.



Obr. 40 Detail napětí na hraně zámku

Detail namáhané plošky je na Obr. 39. Je na něm vidět, jak je maximální napětí soustředěno vždy do prvku sousedícího s hranou. A na vedlejším prvku už je hodnota napětí téměř třetinová.

Deformace zámků je minimální, maximální hodnota deformace je po zaokrouhlení 0,016 mm. Maximální hodnota deformace je na špičce zámku a je na všech zámcích stejná.

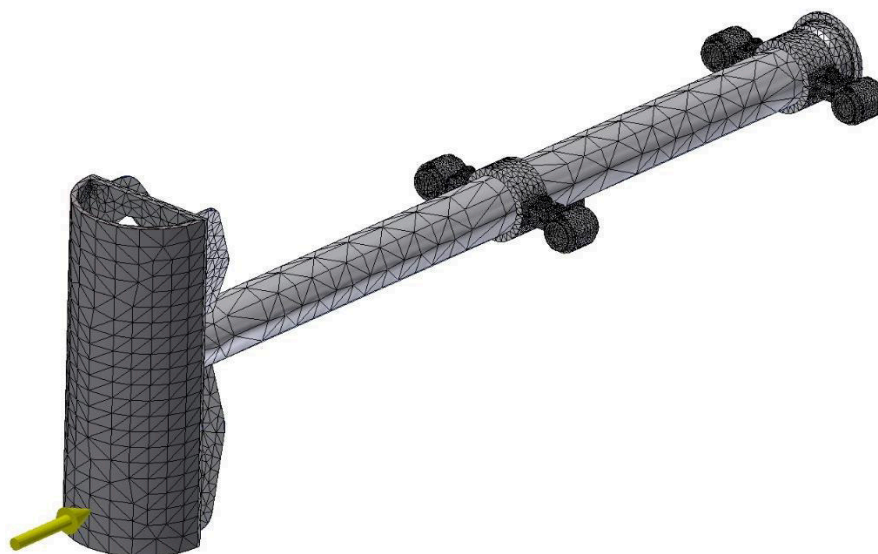


Obr. 41 Deformace zámků tubusu

4.2. Srovnání impaktoru

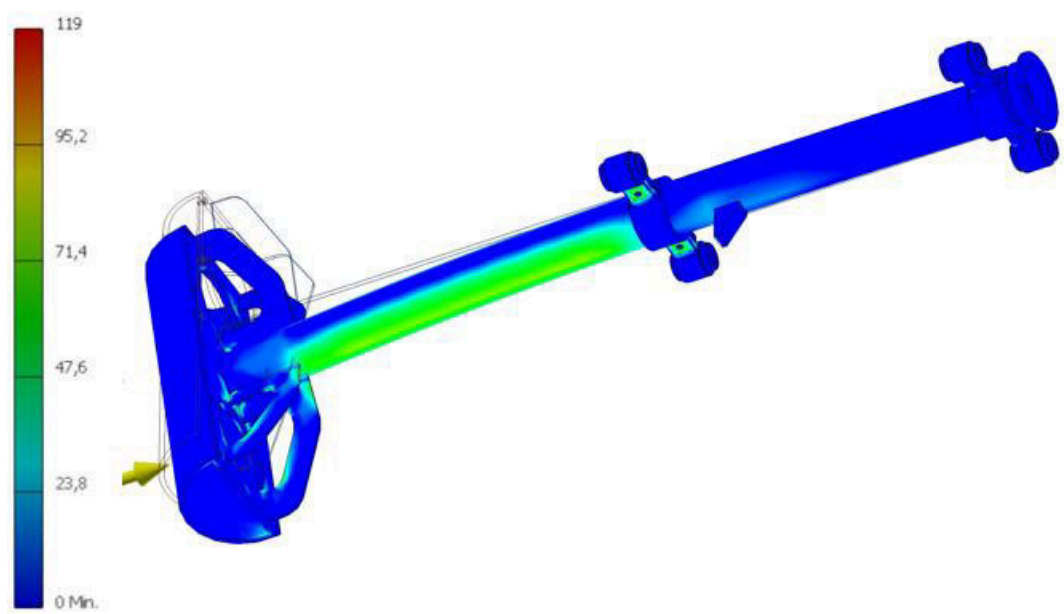
Při návrhu impaktoru ze slitin hliníku bylo důležité dodržet hmotnost 5,5 kg. Oproti současnému impaktoru má navržený impaktor navíc dva vozíky. Z tohoto důvodu bylo nutné snížit hmotnost samotného impaktoru a tím snížit i jeho pevnost. Pro zjištění míry ovlivnění pevnosti impaktoru změnou materiálu bylo provedeno jejich srovnání pomocí metody konečných prvků. Oba impaktory byly zatíženy stejně velkou silou o velikosti 5000 N, působící v místě 70 mm pod osou impaktoru. Jelikož nárazová část impaktoru je v obou případech stejná, Bylo možné sílu umístit na celou plochu nárazové části.

Nový impaktor



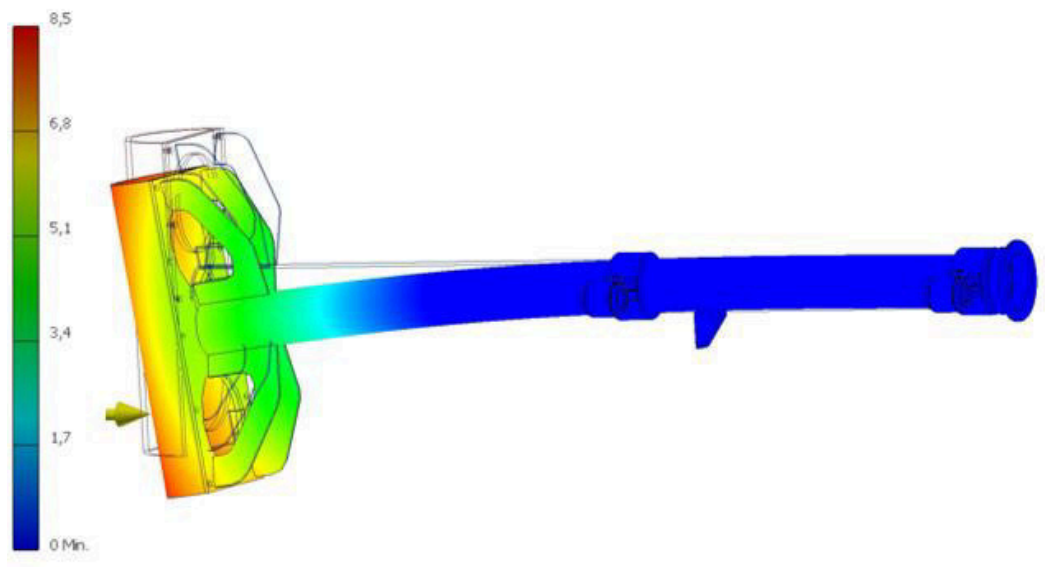
Obr. 42 Síť navrženého impaktoru

Sestava impaktoru byla pro výpočet zjednodušena odstraněním mechanismu pro zpětné tlumení ze zadního vozíku. Tento mechanismus nemá žádný vliv na výsledek výpočtu, pouze negativně ovlivňuje složitost sítě a dobu výpočtu. Byla použita pevná vazba a na pouzdra předního vozíku byla použita vazba ideální.



Obr. 43 Průběh napětí v novém impaktoru

Z průběhu napětí je zřejmé, že zadní vozík není oproti přednímu téměř namáhán. Na předním vozíku je nejvíce namáhána oblast okolo šroubů, které stahují objímky. Dále pak část impaktoru mezi předním vozíkem a nárazovou částí impaktoru, která je namáhána na ohyb. Části žebel jsou namáhány jen lokálně.



Obr. 44 Průběh deformací v novém impaktoru

Maximální deformace je ve vrcholu půlkruhu tvořící nárazovou část impaktoru. Deformace dosahuje hodnoty 8,5 mm. Od tohoto extrému je impaktor plynule ohnut až k přednímu vozíku. Vozíky nemají žádnou deformaci, protože je předpokládána dostatečná tuhost vodicí tyče.

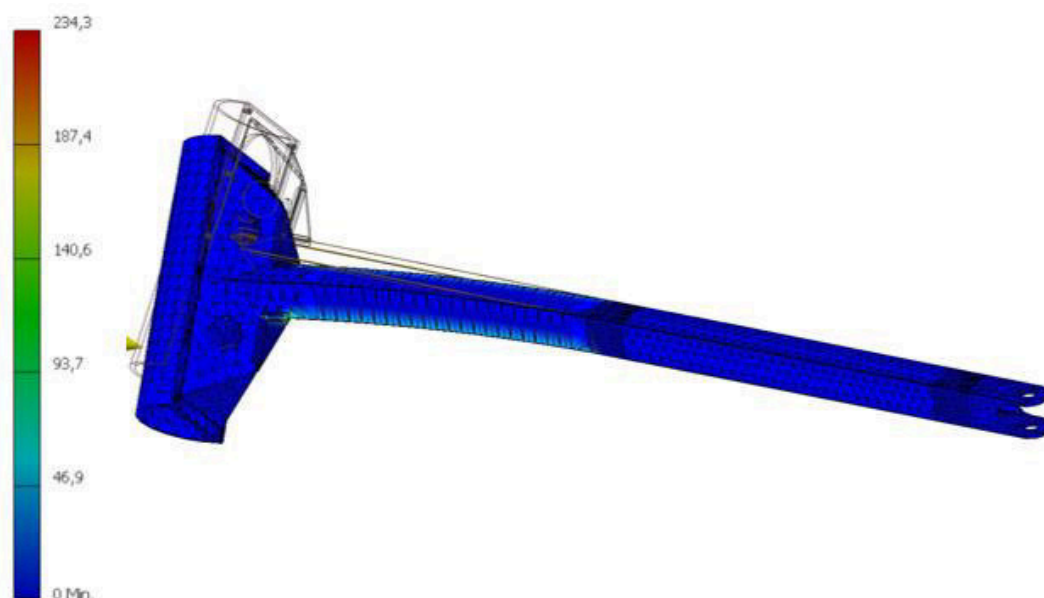
Starý impaktor

Vazby pro starý impaktor byly ve skutečnosti komplikovanější, proto byly pro výpočet zjednodušeny. Na tyči impaktoru v místech dotyku rolen byly vytvořeny rozdělení tělesa za účelem vzniku ploch, které bylo možné zavazbit při simulaci. Před samotnou simulací bylo nutné model upravit. Úpravy se týkaly především doplnění svárů mezi žebry, tak aby bylo možné vytvořit dotyky a vytvořit správně síť.



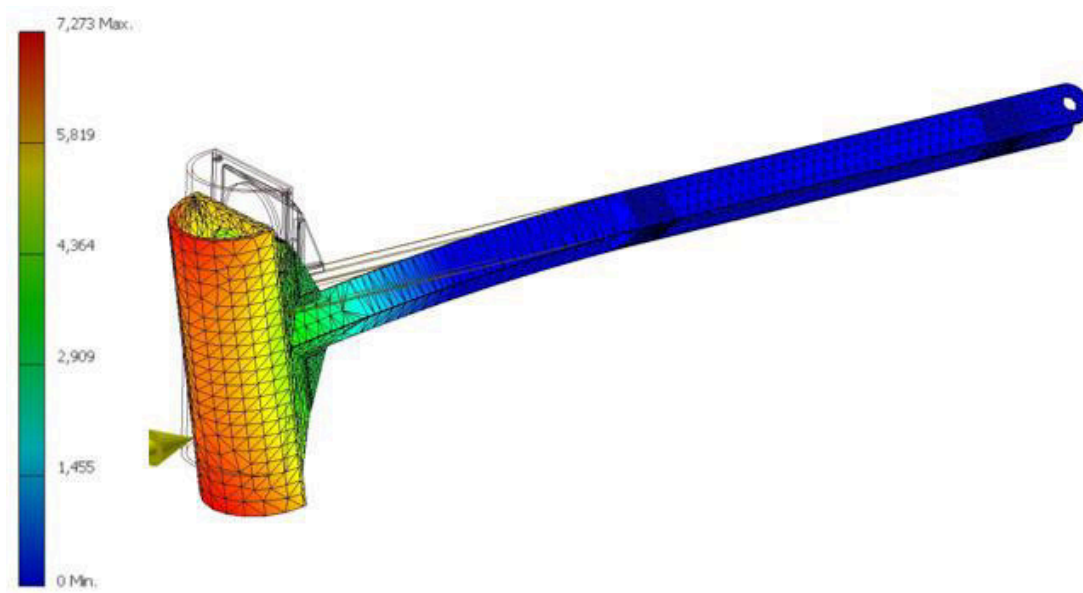
Obr. 45 Síť starého impaktoru

Pevná vazba byla vložena na plochy v zadní části impaktoru, v místech dotyku rolen vedení. Ideální vazba byla použita na plochy v místě dotyku předních rolen.



Obr. 46 Průběh napětí ve starém impaktoru

Průběh napětí je velmi podobný jako v navrženém impaktoru. Opět je zde viditelné napětí na tyči impaktoru mezi předními rolnami a žebrováním. Namáhána je horní a spodní část tyče. Největší koncentrace napětí je viditelná v místě dotyku žebra s tyčí impaktoru.



Obr. 47 Průběh deformace ve starém impaktoru

Maximální deformace impaktoru je opět na vrcholu čela nárazové části impaktoru a její hodnota je po zaokrouhlení 7,3 mm. Přední část je od místa podepření předními rolnami plynule prohnuta směrem k nárazové části.

Při porovnání výsledků získaných metodou konečných prvků, bylo zjištěno, že průhyb navrženého impaktoru bude o 1,2 mm větší, než průhyb současného impaktoru. Vzhledem k tomu, o kolik bylo nutné samotné tělo impaktoru odlehčit, abych nepřesáhl hmotnost včetně vozíků 5,5 kg, je to přijatelná hodnota. Při výpočtu však vznikly nereálné maximální hodnoty napětí, které jsou výsledkem nepřesnosti výpočtu a nelze je proto porovnávat.

5. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navržení modernizované konstrukce vystřelovacího mechanismu, který slouží už řadu let k testování světlometu. Hlavním důvodem modernizace byl požadavek na větší tuhost a přesnější vedení impaktoru a možnost tlumení impaktoru po nárazu do světlometu.

První část práce byla věnována analýze současného zařízení. Při analýze byly použity záběry z vysokorychlostní kamery, díky kterým bylo možné sledovat chování impaktoru a pružiny při výstřelu. Dále byly provedeny zkoušky vystřelováním impaktoru do přípravku s pružinou. Při zkoušce bylo měřeno stlačení pružiny, ze kterého byla pomocí přepočtu získána hodnota energie impaktoru a potažmo hodnota energetické ztráty při výstřelu. Součástí této zkoušky bylo také měření deformace rámu.

V druhé části práce byly navrženy varianty řešení hlavních částí mechanismu. Výsledný konstrukční návrh vystřelovacího mechanismu je složen z kombinace nejvhodnějších návrhů řešení pro dané uzly. Vedení impaktoru navrženého mechanismu je realizováno dvojicí vodicích tyčí s vozíky a jeho vystřelování je zajištěno jednou pružinou. Uvolňování impaktoru je řešeno tubusem s vedením. Pro tlumení impaktoru byly zvoleny dva průmyslové tlumiče.

V poslední části práce byly provedeny kontrolní výpočty. První bylo řešeno napětí v zámcích tubusu vzniklé od stlačení pružin. Dále byly porovnány konstrukce impaktoru ze slitin hliníku. Oba impaktory mají stejnou nárazovou část, proto byla řešena především deformace trubky potažmo trubky čtvercového průřezu. Po porovnání MKP výpočtu deformací obou impaktoru, bylo zjištěno že nově navrhnutý impaktor se deformuje o 1,2 mm více.

Seznam použité literatury

- [1] *HENNLICH S.R.O.* [online]. 2017 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: www.hennlich.cz
- [2] *HIWIN s.r.o.* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/>
- [3] Tlumič nárazu MA 3325EUM ACE. *RS Components Sp. z o.o.* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://cz.rs-online.com/web/p/tlumice-narazu/3663424/>
- [4] *BIBUS s.r.o.* [online]. 2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.bibus.cz/cs/>
- [5] VOJÁČEK, Antonín. *Principy akcelerometrů* [online]. 2007 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007011401>
- [6] *Matis s.r.o.* [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.matis.cz/>

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce.

Seznam příloh

Příloha A:	DVD
Příloha B:	Výkres sestavy DIP17_16_00
Příloha C:	Výkres rámu mechanismu DIP17_15_00